INSTITUTO DE INGENIEROS CIVILES DE ESPAÑA

II CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

Celebrado en Madrid durante los días
28 de mayo a 3 de junio de 1950

TOMO X y XI

1951

Congreso Nacional de Ingeniería

Tomo X

Enseñanza e Investigación

y

Tomo XI

Economía

Madrid

INSTITUTO DE INGENIEROS CIVILES DE ESPAÑA

II Congreso Nacional de Ingeniería

Tomo X
ENSEÑANZA E INVESTIGACÓIN

Y

Tomo XI
ECONOMÍA

MADRID
1952

INSTITUTO DE INGENIEROS CIVILES DE ESPAÑA

II Congreso Nacional de Ingeniería

TOMO X

ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN

MADRID

1952

Industrias Gráficas Magerit, S. A. - Bravo Murillo, 122. - Teléfono 33 44 29. - MADRID

GRUPO IX

ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN

SECCIÓN ÚNICA

ACTAS DE LAS SESIONES Y TRABAJOS

SECCIÓN ÚNICA

EPÍLOGO

Llegamos con la publicación de este último volumen al fin de la tarea de publicar los trabajos presentados y debatidos en el II Congreso Nacional de Ingeniería, con cuya misión nos honró en su día la Junta Directora del Instituto de Ingenieros Civiles de España.

La labor que incumbió en la organización del citado Congreso, con ser nada fácil, queda aún por bajo del esfuerzo y perseverancia que se requirieron hasta terminar la edición de los XI tomos con un total de 6.000 páginas de apretado texto, que integran esta verdadera Enciclopedia de la Ingeniería Española que hemos dirigido.

Mas pasado el trance, tenemos fe en que todos los desvelos para llevar a término la obra han de ser útiles, y que el Instituto de Ingenieros Civiles, al patrocinar las publicaciones, hizo señalado servicio a la Técnica y Economía nacionales, pues que da oportunidad de exhibir con ellas la experiencia rica y pródiga de nuestros ingenieros, en muchas de cuyas comunicaciones, memorias y estudios, lucen planteamientos de problemas de la producción de sumo interés general y, en muchos casos, la resolución juiciosa e inteligente de los mismos, así como datos estadísticos veraces acopiados día a día en el diario quehacer profesional, de suyo útiles para el hombre de gobierno, el economista y el ingeniero.

Pasará el tiempo y de los trabajos que se insertan en los once tomos publicados, unos, los menos, perderán actualidad una vez rendida su utilidad, porque el fatal e ineluctable progreso tecnológico quema las etapas de su vigencia, ya que sólo fueron concebidos con miras y preocupaciones acuciantes de momento; otros conservarán su lozanía, ya que estudian temas y problemas productivos de perenne interes; y otros, en fin, a los que un juicio apresurado pudiera calificar de aventuradas concepciones, tomarán en el trán-

sito del tiempo carácter de proféticas anticipaciones, puesto que no en balde la Ciencia y la Técnica que en ella tiene su substancia nutricia progresan tan vertiginosamente, que lo que ayer era sólo audaz pensamiento, hijo de fértil imaginación cuando no de anhelo irreprimible, mañana será obra viva y realidad provechosa.

Esto dicho, dejemos debida constancia en este epílogo del reconocimiento que les debemos a los autores de los trabajos que figuran en esta colección, cuando tan múltiples fueron las ocasiones en que respondieron con la mayor comprensión a las exigencias impuestas por la impresión de la obra, en la que nos sirvió asimismo de preciosa ayuda la confianza otorgada por la ilustre Junta Directora del Instituto de Ingenieros Civiles, que tanto nos facilitó la labor, y el docto consejo del que en vida fué nuestro colega el Excelentísimo Sr. D. Pedro de Novo, con la colaboración tan preciada de nuestro querido compañero D. Ángel Gregori.

Agradecidos quedamos también a los crecientes estímulos y frases de aliento recibidas de muy numerosos congresistas españoles y extranjeros, conforme iban conociéndose los sucesivos tomos publicados de la obra.

Madrid, noviembre 1953.

JOSÉ M.ª ALONSO VIGUERA
SECRETARIO GENERAL

GRUPO IX
SECCIÓN ÚNICA

II CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA
(28 de mayo a 3 de junio de 1950)

ACTA DE LA SESIÓN CELEBRADA EL DÍA 29 DE MAYO DE 1950

Se abre la sesión a las diez en punto de la mañana y se constituye la Mesa de la que forman parte el Excmo. Sr. D. José Antonio de Artigas y Sanz, Ingeniero Industrial, con los Secretarios Sres. D. Paulino Martínez Hermosilla, Ingeniero de Montes, y D. Joaquín Miranda de Onís, Ingeniero Agrónomo.

Se computan los trabajos presentados a la Mesa.

El Presidente, Sr. Artigas, luego de unas palabras de salutación a los Congresistas asistentes y de destacar la significación del acto, pasó a estudiar algunas particularidades sobre la forma cómo han de desarrollarse las sesiones. Destaca, asimismo, que aunque el Reglamento del Congreso y sobre el funcionamiento de éste, dispone que para la discusión de los trabajos se presenten previamente las enmiendas a que haya lugar por los Sres. Congresistas a fin de abreviar las discusiones, sin embargo, cuenta con la confianza de la Junta de Gobierno del Congreso para interpretar con holgura aquella disposición y, por tanto, ajenándose de aspectos formales dará la mayor amplitud a las deliberaciones sobre aquellos puntos que, como algunos de los que han de tratarse, tienen significado interés nacional para los ingenieros.

El Presidente subraya, además, el carácter provisional que han de tener las manifestaciones realizadas en relación con los temas de estudio en la Sección y la necesidad de admitir una idea de continuidad en las funciones del Congreso para poder llegar a un estudio de los temas, tan respetuoso como la altura científica del Certamen exige.

El Presidente Sr. Artigas expone también que, aunque existen otros trabajos que hubieran de ser examinados en esta Sección con prioridad formal, sin embargo hay un tema, dice, sobre "Enseñanza Superior en todos sus grados", que corresponde a la Ponencia correspondiente del Instituto de Ingenieros Civiles, que por su sumidad requiere el conocerlo con la mayor anticipación posible, aunque luego en la sesión del día 30 se proceda a su debate.

Por ello dispone se lea la Ponencia al solo objeto de que los Congresistas tengan conocimiento previo y total de la misma, y puedan con el mayor fundamento presentar sus enmiendas y hacer las consideraciones que estimen pertinentes.

Terminada la lectura de la Ponencia el Sr. Presidente levanta la sesión e indica que, a las cuatro de la tarde, de acuerdo con el programa elaborado por la Mesa del Congreso, continuarán debatiéndose los temás propuestos a la consideración de la Sección.

Se abre la sesión a las dieciséis horas de la tarde, bajo la Presidencia del Excmo. Sr. D. José Antonio de Artigas y Sanz, y actúa de Secretario D. Joaquín Miranda de Onís.

A continuación se lee la comunicación siguiente, núm. 84:

N.º 84. - Formación profesional obrera de tipo industrial

Autor: D. AGUSTÍN FERNÁNDEZ ORTAS
Ingeniero Industrial

El número índice de la riqueza nacional específica por habitante nos pone de manifiesto la situación económica precaria de los españoles. Y si comparamos con los de años anteriores, se observa disminución notable de la riqueza agrícola, que no es suficiente a amortiguar el crecimiento de la riqueza industrial.

Como en las economías privadas de la clase media y humilde la comida representa la principal inversión de sus recursos, y se comprende la penuria en que hoy se desenvuelven los productores, especialmente del orden industrial, porque estas zonas radican lejos de las de producción agrícola y el aumento de precios se hace más sensible.

El deseo de mejorar materialmente a los productores, junto con el de conseguir una mayor eficiencia laboral, así como el déficit momentáneo que el aumento de producción industrial produjo en el censo de obreros especializados, dió lugar a un estado de inquietud que quiso cristalizarse con la creación de Escuelas de Aprendices Mecánicos, tanto por los particulares como por los organismos paraestatales, si bien en muchos casos con estudios poco fundados.

En el último Congreso de Formación Profesional Obrera se adoptaron una serie de conclusiones, entre las cuales hubo tres muy destacables:

1.ª La necesidad de conseguir un censo industrial con las posibles necesidades de la industria en obreros especializados.

2.ª El indispensable acoplamiento, a través de los elementos directivos, de las distintas escuelas para perfeccionar los métodos de enseñanza.

3.ª La creación de Escuelas Superiores de capataces o maestros de talleres sostenidas en perfecta armonía con las escuelas elementales.

Estas ideas, y especialmente la primera, que, a nuestro entender, debe presidir cualquier plan de conjunto de implantación de Escuelas de Trabajo, no tenemos noticias de que se hayan iniciado en España.

En la provincia de Guipúzcoa el censo obrero metalúrgico llega a 11.277 obreros, de los cuales 1.800 trabajan en la industria de fundición de hierro y acero; 470 en fusión de metales; 2.800 en elaboración de artículos siderúrgicos; 5.831 en empresas de construcción de máquinas, y 976 en la industria eléctrica.

En Guipúzcoa se cuenta en la actualidad con tres Escuelas de Aprendices oficiales. Tres Escuelas Empresa, y otras tres de Grupo de Empresa. Además, existen otras varias en creación aún no estabilizadas.

No somos partidarios de la enseñanza estatal ni paraestatal. La enseñanza privada es superior a aquélla, en cuanto educa al obrero más en consonancia con su inmediata actuación. Son muchos más económicas, como diremos a continuación.

No existe una gran experiencia en el funcionamiento de las escuelas de grupos de empresa. Nosotros hemos montado una, fundándonos en la teoría de la planta piloto, según la cual, cuando no existe en una industria experiencia ni personal capacitado para lanzarse a la implantación de una gran factoría, se monta un pequeño equipo sobre el que se experimenta hasta llegar a dominar la técnica. De esta forma se capacita al personal y se realizan las indispensables modificaciones para llegar a un funcionamiento aceptable. Todo ello en pequeña escala y contando con reducidos perjuicios económicos.

Nosotros, apoyados por la industria de Hernani y algún pequeño donativo con carácter excepcional de entidades benéficas, hemos implantado una que está en el tercer curso de funcionamiento.

Los datos económicos son los que siguen: Se montó sobre un cine adquirido en 175.000 pesetas, evaluándose los gastos de transformación en 128.000, las que unidas a 15.000 de gastos de compra, 16.000 de mobiliario escolar y 91.000 de instalación del taller, se elevan a 421.000 pesetas. No está aún terminado el taller. Nos hacen falta una mandrinadora y dos tornos, que, en total, valen 100.000 pesetas, con lo que el costo total rebasará ligeramente el medio millón de pesetas.

Esta escuela, administrada con ejemplar austeridad, ha gastado en los dos años y medio de funcionamiento 173.000 pesetas, de las que 112.000, a sueldos de profesores; 12.000, a material escolar; 18.000, a intereses de hipoteca; 31.000, a material y útiles de taller, y 1.500, a sostenimiento del edificio. Corresponde, pues, por un año, unas 70.000 pesetas.

Esta cantidad la tenemos cubierta, de momento, con una cuota anual que aportan los industriales de Hernani, a razón de 80 pesetas por obrero-año, evaluando cada tres mujeres como un hombre.

No podemos ocultar las facilidades que nos han proporcionado el ambiente de excepcional simpatía que nuestra obra ha encontrado entre los empresarios de Guipúzcoa.

Nuestra experiencia nos ha puesto de manifiesto las siguientes dificultades:

1.ª Una deficiencia en el número de plazas cubiertas que radica en la difícil situación económica de las familias modestas que, aún reconociendo las ventajas que esta enseñanza reportará a sus hijos en un mañana, no pueden prescindir del jornal al llegar a los catorce años. En este sentido, en nuestra escuela hay deserciones entre los muchachos de familias más modestas.

2.ª Los alumnos que pasan por estas escuelas, al llegar a conseguir con muy pocos años el máximo jornal y categoría obrera, se sienten defraudados, porque la imaginación y energía de los pocos años les hace desear puestos irrealizables (ingenieros o empresarios), lo que les produce la natural zozobra, que les induce a emigrar a otros países.

3.ª Existen industriales desaprensivos que no sufragaron los gastos de formación profesional obrera y que aún ofreciendo superiores jornales llevan a sus empresas obreros que proceden de estas escuelas. No hay legislación en el gremio de trabajo que evite esta injusticia social.

4.ª De los 12.000 obreros siderúrgicos de Guipúzcoa, el cálculo más optimista no da más de 4.000 obreros mecánicos especializados. Cinco escuelas como la nuestra serían suficientes para abastecerlo. Como existen actualmente nueve, es previsible una superproducción de obreros especializados, si paralelamente no se incrementa la industria que los absorba.

En orden a la eficacia de la enseñanza, estamos plenamente satisfechos de sus resultados y se observa una mejora de año en año gracias a la flexibilidad con que hemos implantado esta escuela.

Si todas las escuelas de Guipúzcoa funcionaran con la austeridad que acredita nuestro presupuesto, podría atenderse a la cobertura de las bajas de obreros especializados con un presupuesto anual que no llegaría al medio millón de pesetas, con este tipo de escuelas privadas sostenidas por las empresas.

Pero nuestras perspectivas van más allá. Tratamos de conseguir:

1.º Una situación desahogada económicamente por nuestro propio esfuerzo, sin el concurso de la industria privada, dando retribución a los aprendices a partir del tercer año.

2.º Una salida natural, haciendo dueños de las empresas a un buen porcentaje de los que pasan por la escuela.

3.º Aumentar la capacidad de absorción de obreros especializados de la industria.

4.º Retener a los alumnos más capacitados por encima de los dieciocho años para completar su formación.

5.º Crear un organismo de carácter estable que tenga a su cargo obras de carácter social y a que permanezcan unidos todos los obreros que pasaron por la escuela.

Hasta ahora hemos hablado de una realidad que es la escuela de aprendices funcionando en un orden económico muy interesante. A continuación vamos a tratar del proyecto que en estos días estamos empezando a realizar que soluciona, a nuestro entender, todos los aspectos anteriores y es la creación del bloque: Escuelas de Aprendices, Cooperativa de Producción con el que pretendemos, además, superar la eficiencia laboral al trabajar los productores en su propia empresa, y en el campo social una renovación más profunda y fácil de conseguir que la reforma de la empresa.

La legislación vigente, que es la ley de Cooperación de 1942 y la Orden Ministerial de Hacienda de 27 de enero de 1948, conceden exención de contribuciones directas, recargos provinciales y municipales en el orden fiscal, y anulación de las cargas sociales, incluso la cuota sindical en el orden de trabajo.

Si a estas ventajas unimos el aumento de rendimiento laboral del operario que trabaja por cuenta propia sobre el que lo hace por salario, se explica el porvenir claro que vemos en estas empresas.

En nuestra provincia existe una, autorizada por el Ministerio de Trabajo, que funciona en excelentes condiciones económicas.

Terminamos dando los datos concretos en que se modificaría una típica industria metalúrgica de transformación de aquella provincia al pasar del régimen actual de sociedad de anónima al de cooperativa: Su capital es de 7.300.000 pesetas; el beneficio fiscal, de 460.000 pesetas. El real superará, seguramente, las 600.000. Los salarios bases satisfechos fueron de 1.500.000. El volumen de ventas es de 8.000.000. El número de obreros es de 160. Lo satisfecho al Estado sólo por el impuesto de utilidades, 210.000, y por Seguros Sociales, 488.000.

Sin contar con el aumento del rendimiento laboral, sólo con las economías de orden fiscal y social, el beneficio superaría el millón de pesetas. Fácilmente puede comprenderse que podría atender las 70.000 pesetas que hoy nos cuesta anualmente el sostenimiento de la Escuela de Aprendices, cubriendo, además, los demás objetivos de falta de alumnos, retribución durante la época de aprendizaje, el hacerles propietarios de su industria, así como atender a su formación integral, técnica, moral y social.

Abril 1950.

Abierta la discusión sobre este trabajo, el Sr. Presidente concede la palabra al Sr. Vighi (D. Francisco), quien consume su turno en contra, defendiendo lo dispuesto en el Estatuto de Enseñanza Industrial de 1928, aunque reconociendo que no es lo legislado en el mismo solución ideal para resolver el problema de dicha enseñanza. Cree que es exagerada la división o clasificación de oficios que el autor del trabajo propone, aunque está conforme con él sobre la anarquía y confusión existentes en disposiciones, organizaciones y organismos que aspiran a resolver el problema de la enseñanza.

A continuación interviene D. Ignacio de la Puente, consumiendo otro turno en contra, y dice, no estar conforme con las cifras estadísticas facilitadas por el Sr. Fernández Ortas, y hace constar que, de su experiencia particular al frente de una Escuela de Capacitación Industrial en Guipúzcoa, ha deducido la cifra de 80 ptas. por año y obrero, como suficiente para atender a su formación profesional, lo que supondría un total de cinco millones de pesetas anuales para resolver el problema planteado en toda España.

La reunión acuerda que el Sr. Lapuente, dada la importancia de sus manifestaciones, someta a su consideración propuesta referente a la enseñanza o formación profesional obrera de tipo industrial.

Terminado el debate sobre este asunto, se lee el trabajo núm. 220 que sigue:

N.º 220. - El ingeniero en las funciones Económica y Contable de las empresas industriales. - Valoraciones y Amortizaciones

Autor: D. ADOLFO MANTILLA AGUIRRE
Ingeniero Industrial y Ldo. en Ciencias Económicas

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo no pretende ser más que una breve y sucinta contribución al estudio de algunos problemas, contable-industriales de las empresas, y por ello no voy a tocar la parte de organización de las mismas, tanto en lo que se refiere a la organización material como a la parte administrativa, de organización de fabricación, de organización comercial, ni de organización contable. También prescindo de referirme a la organización científica de las empresas industriales, ni a la racionalización de su trabajo. La mayoría de los congresistas conocen las obras de Lambert, Mas, Ford, Taylor, Fayol, Gannt, Scholer, Girard, etcétera, y lo que sobre estos temas han escrito ilustres compañeros, de todos conocidos, que colaborarán en las tareas de este Congreso.

Dentro de mis modestos conocimientos, de lo único que trato es de llamar la atención de los compañeros sobre ciertos puntos que estimo interesantes, al objeto de que se estudien y se discuta sobre ellos, y con el asesoramiento y dirección de los ingenieros especialistas en estas materias, cuyos nombres no cito por ser sus libros y artículos técnicos sobradamente conocidos, puedan surgir, de estas discusiones y aclaraciones, algunas normas o iniciativas beneficiosas para las empresas, para la profesión y para la economía en general; y, en su caso, elaborar conclusiones concretas que puedan estimarse procedentes elevar a la Superioridad.

Estos puntos son:

a) Preparación en Economía de los ingenieros.

b) Valoraciones industriales.

c) Amortizaciones del equipo capital.

d) Revalorizaciones de instalaciones industriales.

PRIMERA PARTE

PREPARACIÓN EN ECONOMÍA DE LOS INGENIEROS

FUNCIONES ECONÓMICAS Y CONTABLES

El ingeniero (1) forzosamente ha de intervenir en muchas cuestiones económicas y en la contabilidad de la empresa industrial, como, por ejemplo, en las amortizaciones de su equipo capital industrial, en la determinación del precio de coste, en las valoraciones y revalorizaciones del activo, etc., etc. Ahora bien, es indudable que, dada su preparación matemática, con la consiguiente costumbre de esquematizar los problemas y pensar con lógica, sucede que, con independencia de dominar los procesos técnicos de la producción, se halla en inmejorables condiciones de perfeccionar su capacitación con algunos estudios complementarios de Economía (2), contabilidad, oganización financiera y comecial, etc.; lo que, por otro lado, puede conseguir en un espacio de tiempo muy breve, obteniendo resultados sorprendentes al racionalizar, no sólo el trabajo obrero, sino también la administración y contabilidad de su empresa, organizándola en

(1) *Observación.*—Nos referimos al concepto continental de la palabra «ingeniero» (de «ingenium»), tal como se entiende en España, con preparación científica; y no al concepto anglosajón que proviene etimológicamente de la palabra máquina (de «engine»), de base principalmente empírica, diferenciación que tan acertadamente hace notar nuestro ilustre profesor don José Antonio de Artigas.

Por tanto, no nos referimos al ingeniero proyectista ni al ingeniero de fabricación, sino al ingeniero en la plenitud de su profesión como experto director de una empresa industrial.

(2) Hacemos constar con satisfacción lo bien que se planeó nuestra carrera por sus creadores al incluir la Economía entre las diez principales asignaturas, que ya desde mediados del siglo pasado se estudiaban en ella.

la forma más adaptada al especial esquema de fabricación de que se trate (1).

Al ampliar el ingeniero sus conocimientos financieros y económicos desarrolla una amplia visión también, de sus relaciones con otros profesionales colocándose en situación ventajosa respecto a ellos, llegando a poder utilizar a sueldo los servicios de dichos profesionales, en lugar de trabajar como su empleado.

No debe considerarse impropio de un ingeniero el que sea, él mismo, el financiero u hombre de negocios, el organizador de un negocio o empresa, y que ocupe el puesto que como tal organizador le corresponde, tomando parte principal en las ventajas y beneficios de las empresas de ingeniería.

El ingeniero que domina también la economía, desempeña adecuadamente importantes puestos de dirección en las empresas en que él ha proyectado los trabajos, pues ve, con claridad en su mente, la parte financiera junto con la técnica, mejor que otra persona que domine solamente, por ejemplo, la parte económica o la parte comercial, etc. Consideradas las cosas en esta forma, no parece lógico que sea, por ejemplo, cualquier sección o departamento de una empresa la que ordene al ingeniero la emisión de un dictamen técnico (que a veces sólo lo demanda para escudar en él su comodidad de resolución), sino que sea el ingeniero en sus puestos de dirección, el que ordene a las diversas secciones en que se halle distribuída la administración de la empresa, que le suministren los datos, informes o dictámenes precisos para realizar la función directiva.

Como dice el ilustre profesor belga M. Laloire, así como el «paternalismo» en las relaciones sociales dentro de las empresas es una solución ya condenada en los tiempos modernos, también en la evolución de la vida y desarrollo de las distintas formas de sociedades y empresas, constantemente se están produciendo cambios en el sentido en que hablamos. La arcaica tendencia a la distribución familiar de los puestos principales en Consejos, Gerencia, Dirección, etc., va evolucionando actualmente y los consejeros-delegados, administradores y directores suelen ser con frecuencia substituídos por hombres preparados tècnicamente ,elegidos, desde luego, entre aquellos que poseen, además, las cualidades de mando y morales adecuadas; y hoy día se considera que los ingenieros pueden desempeñar cargos de la mayor responsabilidad, incluso aunque para dichos cargos no se requieran funciones específicas de ingeniería.

Henry Fayol, el conocido fundador del Fayolismo, insiste en la necesidad y en la posibilidad de una enseñanza administrativa. La obra de Henry Fayol no es más que una contribución en muchos aspectos análoga a la de Emerson, aportada a la elaboración y desarrollo de la idea inicial de Taylor, dedicada a demostrar dicha necesidad de una enseñanza administrativa, o como podríamos decir, de una «teoría de la dirección de empresas», y al distinguir las funciones que tienen lugar en toda empresa, cualquiera que sea la finalidad y dimensiones de ésta en los conocidos seis grupos clásicos de funciones:

a) Función técnica.
b) Función comercial.
c) Función financiera.
d) Función de seguros.
e) Contabilidad; y
f) Función directiva o de gestión propiamente dicha, a la función que da más importancia es a la técnica, incluso corriendo el riesgo de restar importancia a las otras cinco que no son menos indispensables, siendo la principal la función directiva verdadera y propia.

Los ingenieros que han utilizado su propia intuición mercantil para obtener beneficios en sus propias funciones de ingeniería han obtenido ingresos mucho mayores que aquellos que han autolimitado sus actividades a las puramente técnicas. Incluso en otros casos, aún dentro de la misma empresa, han alcanzado los puestos más altos. Ciertas empresas grandes necesitan especialistas técnicos puros, pero en el ancho mundo de la ingeniería, *el que los ingenieros tengan base económica y mercantil, es tan importante como la habilidad en resolver problemas de técnica industrial.*

La importancia de los conocimientos científicos técnicos para muchos puestos, no ha sido todavía debidamente reconocida. Muchos directores de empresas no han necesitado otro calificativo que el corriente de «hombre de negocios», para creerse haber asegurado la mayor economía en la adquisición de materiales, suministros y maquinaria. En muchos casos, tal adquisición ha consistido sencillamente en aceptar el presupuesto más bajo entre los ofrecidos. La elección de suministros y nuevo tipo debe ser orientada solamente sobre bases científicas, si se quiere obtener el mayor rendimiento económico.

El ingeniero puede obtener resultados análogos a los de los llamados «hombres de negocios» o financieros, si aplica su inteligencia, educada en la lógica, a los negocios y problemas económicos, con la misma diligencia con que se aplica al ejercicio de sus funciones puramente técnicas. Porque, incluso el financiero, muchas veces no tiene una instrucción sistemática de negocios, sino que lo que ha hecho es simplemente asimilar sus conocimientos de la atmósfera de negocios en que se mueve, sin conocer en muchos casos las leyes económicas de dichos negocios, sino solamente sus «usos y costumbres».

Por otro lado, cuando el ingeniero desarrolla su labor, a veces tiene que salirse de los campos puramente técnicos para hacer, por ejemplo, un pliego de condiciones o un contrato, para tomar obreros y dirigir trabajos, para dar informes económicos sobre instalaciones industriales (1), etc. Está dentro de su legítimo campo y uno se pregunta si no debe tener conocimientos sobre los métodos generales mercantiles de la comunidad en que vive, siendo capaz de presentar sus informes y sugerencias en forma tal que sea fácilmente comprendido por los hombres de negocios, conociendo las partes fundamentales del Derecho Mercantil y del Derecho Administrativo, para dominar ciertos asuntos, entre los que destacan los problemas jurídicos en la constitución de empresas, tributación, concesiones administrativas, intervenciones de los Organismos del Estado, etc., etc.

No conviene dejar creer al ingeniero que puede estar dispensado de que le toquen de cerca muchos de los problemas jurídicos de la empresa, y por otro lado resulta que precisamente en muchas ocasiones al ingeniero le es muy fácil, como ya hemos

1) El conocido economista norteamericano profesor Dexter S. Kimball asegura que la influencia más poderosa en la promoción de los métodos modernos de administración de las empresas industriales se debe principalmente a los ingenieros de las mismas.

(1) Incluso para Compañías de Seguros.

dicho antes, por su preparación matemática y costumbre de reducir los problemas a sus líneas esquemáticas, el percibir el espíritu fundamental de una ley, es decir, la intención del legislador, en trabajos de Jurisprudencia voluminosos, llenos de intrincados «considerandos» y «resultandos».

A los ingenieros así preparados se les presentan nuevos y espléndidos campos de actuación profesional, como por ejemplo: de «sistematizadores de negocios», «organizadores de empresas», «calculadores de costos», «apreciadores de valores reales del equipo capital», etc.

Por ejemplo, una de las funciones más necesarias del ingeniero en la parte no técnica de la empresa es la de su intervención en las amortizaciones y valoraciones del activo.

Por eso, al exponer resumidamente en el curso del presente trabajo las materias que toco, trataré de destacar algunos temas económico-contables de indudable trascendencia para la marcha de las empresas industriales, que aunque suelen relegarse por los ingenieros a segundo plano, sin embargo, muchas veces influyen en la prosperidad de dichas empresas industriales con mucha más fuerza que los perfeccionamientos técnicos de fabricación.

El ingeniero y la contabilización de las amortizaciones del equipo capital y del precio de coste

El ingeniero, al asomarse a la contabilidad, observa prácticas contables totalmente equivocadas, y también, a veces, distribuciones de cuentas y partidas inadecuadas, que precisan una clasificación racional.

Si observamos la contabilidad de muchas empresas industriales dichos defectos saltan a la vista, destacando entre las prácticas realmente equivocadas y dañosas la relativa a las amortizaciones del equipo capital, con la que muchas empresas han repartido beneficios ficticios a costa de parte de su propio capital. La contabilidad, tal como se lleva en la mayoría de nuestras empresas industriales, está totalmente divorciada de la realidad y es fuente de grandes errores, existiendo en bastantes de ellas activos revalorizados, que encubren pérdidas. Nos referimos, naturalmente, a las contabilidades llevadas de buena fe, prescindiendo de aludir a los casos en que se llevan, a efecto de ocultaciones diversas, varias contabilidades dispares, aparentemente bien llevadas.

En lo relativo a las amortizaciones del equipo capital de una empresa hay que considerar el problema dividido en dos casos:

a) Amortizaciones industriales en períodos de estabilidad monetaria.

b) Idem en períodos de tiempo en que fluctúa el valor de la moneda o el nivel de precios.

En ambos casos hay que considerar los dos puntos siguientes:

1.º Valor base de la amortización.

2.º Forma de contabilizar la depreciación.

Todos estos problemas entran de lleno dentro de la competencia del ingeniero. La depreciación es una parte integrante del costo de producción; tan real y verdadera como el dinero que se paga por los suministros de materiales, combustibles, mano de obra, etc., y no sólo es uno de los elementos del costo de producción, sino en muchos casos uno de los mayores.

Los errores e inexactitudes cometidos al estimar y contabilizar las depreciaciones y pérdidas de valor del equipo capital, son indudablemente tan serios y censurables como los que se cometen en los pagos de todas clases. En el momento actual se admite ya universalmente, que la depreciación forma parte integrante, con los demás elementos, del costo de producción (1); y cualquier sistema contable que no la incluya, es defectuoso y no da los verdaderos costos. Así como los errores e inexactitudes de todas clases cometidos al estimar y contabilizar las depreciaciones son serios y censurables; la práctica, no desconocida por desgracia, de *manipular las cuentas de depreciaciones para ocultar* ganancias o pérdidas es realmente inadmisible. La contabilidad ha de ser *expresión exacta de la realidad* de los hechos y registro fiel de las operaciones que contabiliza, rechazando toda ficción teórica o doctrinal. *De no hacerlo así, puede conducir a los mayores desastres.*

De no contabilizarse correctamente las depreciaciones, incluso las de la maquinaria aún no desechada, *las cuentas son cuentas falsas.*

No debe admitirse el que se cargue menos que la verdadera depreciación en años de depresión, o más de la verdadera depreciación en ejercicios de exagerada prosperidad. Dicha práctica es una ficción que engaña no sólo al público que hace las inversiones, sino también a los propios accionistas.

Este problema de la valoración de la depreciación y de las amortizaciones se agudiza en gran medida en épocas de depreciación monetaria, como sucede actualmente, sintiéndose la necesidad de llegar a valoraciones reales y equitativas, tanto del valor actual de muchas instalaciones, como de su depreciación, así como de sus cuotas de amortización anual y del ritmo de variación de las mismas, así como en las revalorizaciones del activo, en los precios de costo, etc., problemas todos en los que deben intervenir los ingenieros, con sus conocimientos y práctica industriales.

Destaquemos también de paso la importancia que, en estos períodos de fluctuaciones monetarias, tiene para la empresa el *cálculo del precio de coste de sus productos*, ya que si no toma en consideración los gastos especiales y los gastos generales, modificados por la depreciación monetaria, puede resultar que al fin del ciclo de explotación *el ingreso producido por las ventas no permita reconstituir el primitivo "stock"* de mercancías.

Alusión a la autofinanacia

Creo conveniente señalar aquí el problema de la autofinanciación de las empresas industriales, pues está íntimamente relacionado con los de las amortizaciones industriales, creación de fondos de reserva, de fondos de renovación del material, de fondos suplementarios por desvalorizaciones y de otros fondos especiales, pues al conservar la empresa con dichos fondos en el activo una parte de los beneficios e incorporarlos al haber social, si se acuerda la ampliación de la empresa con nuevas instalaciones, puede ser posible recurrir a la autofinanciación, sobre todo en los casos de negocios prósperos y más si en ellos se da la cir-

(1) Por eso no hay que esperar a que se produzcan beneficios para ir nutriendo el fondo de renovación del equipo capital. De hacerlo así resultaría que la pérdida sería aumentada por la disminución de activo oculta en la depreciación del equipo, no compensada con la correspondiente existencia en el fondo de amortización.

cunstancia de ser larga la vida industrial de sus instalaciones. En relación con este problema, que se agrava en épocas de inestabilidad monetaria, tiene gran interés el aspecto tributario por la consideración fiscal que se le dé, según los casos; aunque muchos contables no vean una utilidad inmediata en diferenciar en el activo de la empresa la parte financiada por retención parcial de los beneficios.

SEGUNDA PARTE

EL INGENIERO EN LA VALORACIÓN DEL EQUIPO CAPITAL

Relación de valores.

En la estimación del valor base de la unidad industrial, a los efectos del cálculo de su depreciación, existen varios principios generales que están todavía sujetos a diferencias de opiniones y a controversias. El problema es más complejo de lo que a primera vista parece. Existe una serie de conceptos valorativos, que aunque a primera vista parezcan sutilezas teóricas, son realidades tangibles. Pasamos por alto, dándolo por supuesto, el conocimiento de las teorías fundamentales sobre el valor y sus diferenciaciones teóricas (subjetivas, clásicas, objetivas, subjetivo-objetivas, etc.), tales como las desarrolladas por Adam Smith, Ricardo, Marx, Menger, Pareto, Marshall, Cassel, Jevons, Pigou, etcétera, y nos *concretamos al caso de las valoraciones industriales,* prescindiendo de dichas discusiones teóricas sobre el obscurísimo y complicadísimo problema de los elementos y causas del valor económico. Y por ello me limito en este particular simplemente a tratar de destacar ante los compañeros los principales valores concretos con que en la práctica se puede tropezar en los distintos casos que se presentan y para diferente objetos, relativos a las máquinas o instalaciones industriales y equipo capital en general, haciendo ver que aunque en algunos casos pueden coincidir varios valores, son todos ellos distintos y dan lugar a diferentes cifras monetarias al traducirlos en dinero, aun considerando un período de tiempo durante el cual, el valor de éste sea constante.

Así cabe, *incluso en períodos de estabilidad monetaria considerar los siguientes valores,* que darían lugar a los correspondientes diversos precios, en su caso:

Valor-costo (1) originario nuevo (es decir, de la maquinaria o instalación nueva, el día en que se hizo).

Valor sentado en contabilidad o escriturado originario.

Valor sentado en contabilidad o escriturado, puesto al día teóricamente.

Valor ganado incorporado.

Valor en servicio.

Valor de mercado.

Valor-costo originario actualizado.

Valor-costo de reproducción.

Valor-costo de reposición.

Valor capitalizado.

Valor fiscal.

Valor justo legal.

Además existen los distintos *Valores residuales*:

Valor de desecho.

Valor de desguace y el ínfimo.

Valor como materia prima (por ejemplo, chatarra).

Aunque en algunos casos pueden coincidir algunos de los valores expuestos, en otros su diferenciación resulta muy útil. Por ejemplo, refiriéndonos incluso a los valores residuales, no es el mismo el valor de una bomba industrial de trasiego de gasolina en perfectas condiciones de funcionamiento, que el de esa misma bomba una vez desechada para esa aplicación por holguras o faltas de estanqueidad y que, sin embargo, debido a su valor de desecho, puede ser vendida para ser utilizada como tal bomba, pero para servicios inferiores, tales como trasiegos de otros líquidos más viscosos o menos valiosos y peligrosos que la gasolina (valor de desecho). Inferior a éste sería su «Valor de desguace» cuando aún pudieran utilizarse algunas piezas, tornillos, etc. Y todavía sería más bajo su valor cuando sus restos, totalmente deteriorados (por ejemplo, por un incendio), solamente pudieran aprovecharse como chatarra para fusión.

Valores inmateriales.

Al considerar los distintos valores que acabo de señalar, y cuyas diferencias, repito, pueden existir sin necesidad de que haya depreciación monetaria, hay que tener en cuenta que el valor real de la máquina, instalación o unidad industrial, se compone de su «Valor físico» o material, y de los «Valores inmateriales», elementos estos últimos que unos economistas llaman «Inmovilizaciones incorporales» y otros autores los denominan «Elementos intangibles o invisibles», «Valores incorpóreos», etcétera, y que no necesito recordar que pueden ser debidos a distintas causas, tales como a estar la empresa en marcha próspera, con clientela y proveedores estables, con contratos de suministro, etcétera, o como al sobrevalor de expectativas de beneficios crecientes o de patentes, concesiones administrativas, cupos, etc., pudiendo ser también estos elementos negativos por expectativas contrarias que infravaloren la empresa.

Un problema que se presenta, al intentar actuar sobre el valor justo en una valoración industrial, es precisamente éste de la inclusión en su valor real, de los valores inmateriales.

Hoy día, la mayoría de los tratadistas consideran a dichos valores incorpóreos incluídos, o que deben incluirse, en el capital fijo de la empresa, e incluso a los *efectos fiscales* cabe se consideren los valores inmateriales como parte integrante del valor del bien en cuestión.

Para todas estas determinaciones de valores debe el ingeniero no sólo recurrir a sus conocimientos técnicos, físicos, matemáticos, etc., sino también tener en cuenta consideraciones de orden económico, financiero e incluso jurídico.

---

(1) Entendemos por *valor-costo* el valor de un bien económico, basado en el costo del mismo. Considerando las conocidas definiciones del valor, basadas en la importancia que concedemos a los bienes económicos desde distintos puntos de vista, la determinación de esta importancia, y, por tanto, de la estimación económica del valor puede tener distintos fundamentos. Pues bien; cuando esa importancia que damos al bien de que se trata se basa en su costo (obsérvese que digo «costo» y no «precio»), al valor correspondiente lo llamamos «valor-costo».

VALORES BÁSICOS QUE PUEDEN CONSIDERARSE COMO PUNTOS DE PARTIDA PARA LAS ESTIMACIONES.

La base fundamental del valor real de una instalación industrial es el valor presente que tiene para su actual propietario y para un posible adquirente, teniendo en cuenta las expectativas de bienes o servicios que la instalación dada ha de rendir durante su probable vida futura industrial.

Dicha instalación industrial, máquina o unidad de fabricación puede producir a su dueño anualmente, bien sea ingresos monetarios, servicios, bienes de consumo, satisfacción personal, etc.

Estas expectativas de probable vida industrial en buenas condiciones de servicio y de ingresos anuales no pueden ser determinadas con exactitud y certeza, por su naturaleza aleatoria, como corresponde a la incertidumbre del futuro, sino por estimaciones o juicios más o menos acertados, hechos, bien sea por los mismos propietarios o empresa que explota la máquina o unidad industrial de que se trate, como por los posibles adquirentes, ingenieros especialistas en valoraciones, tribunales, etcétera, basados no sólo sobre los valores presentes, sino también sobre las expectativas de futuros bienes o servicios que ha de producir.

Ahora bien, en muchas transferencias ordinarias, dichas estimaciones no se hacen de una manera expresa y formal, sino tácita.

Aún sin tener en cuenta la depreciación monetaria, es decir, considerando también épocas de estabilidad del valor de la moneda, *a efectos del cálculo de la depreciación, se consideran los tres valores fundamentales siguientes como puntos de partida:*

El valor-costo originario nuevo.

El valor-costo de reposición; y

El valor-costo equitativo nuevo.

VALOR-COSTO EQUITATIVO DE LA INSTALACIÓN NUEVA.

Este «valor-costo equitativo nuevo» es el que en varios países industrializados extranjeros se considera ordinariamente como la base legal para el cálculo de la depreciación, y ha de estar comprendido entre los otros dos; es decir, entre el «valor-costo originario nuevo» y el «valor-costo de reposición» de la máquina, instalación o unidad de fabricación de que se trate; y se determina ponderando de una manera justa y equitativa el acercamiento mayor o menor a cada uno de estos dos entre los cuales oscila, aproximándose más al uno o al otro, según los casos.

Desde luego, en períodos de alteraciones del nivel de precios, no es correcto lo que en muchas contabilidades de empresas industriales suele hacerse, que es tomar como base o punto de partida para la depreciación el primero de los tres valores, es decir, el «valor-costo nuevo originario».

Hay quien dice que el tomar como base el último de los tres valores, es lanzar la estimación de las depreciaciones al dominio de meras conjeturas. Pero aunque todos desearíamos poder disponer de fórmulas matemáticas que nos dieran los valores exactos de las instalaciones a medio uso, en la realidad ello no es posible, y hay que determinarlos por estimaciones lo más justas posible, basadas en exámenes y estudios detenidos y minuciosos del estado de dichas instalaciones, de su productividad, etc., y que se complican y dificultan todavía más en épocas de inestabilidad monetaria. Ajustando la depreciación a los equitativos valores nuevos, similares a los ajustes requeridos por cambios en las estimaciones de vida probable, es posible conseguir que se aproximen mucho a la realidad las depreciaciones calculadas en esta forma.

NOTAS ACLARATORIAS SOBRE VALORES

Nos referimos a valores, en sentido económico, de máquinas, unidades o instalaciones industriales, o maquinales o de producción en general.

El *valor-costo originario actualizado*, corregido por la depreciación y por los elementos inmateriales, representa lo que el capitalista está dispuesto a invertir en una instalación de ese tipo, es decir, podría considerarse como lo que podríamos llamar nivel de inversiones ya existentes en empresas similares.

Está afectado por las expectativas de ingresos inmediatos que pueden producir las unidades industriales de que se trate.

El *valor-costo de reproducción*, basado en los precios actuales y corregido por la depreciación y por los elementos inmateriales, representa lo que podría llamarse nivel de precios de inversiones, al que debieran ajustarse los reemplazamientos futuros de unidades industriales ya existentes, en empresas funcionando en régimen de libre competencia entre sí y con las empresas similares que podrían crearse.

Este valor-costo, a diferencia del anterior, está afectado más por las expectativas de ingresos futuros, a través del mecanismo de la libre competencia para la determinación de los precios.

La diferenciación entre el valor-costo originario actualizado y el valor-costo de reproducción se debe a que en el primero las expectativas de beneficios, por estar la instalación industrial en funcionamiento en el momento presente, son más inmediatas que en el segundo.

El valor en servicio de la unidad industrial basado en el justiprecio de los servicios, bienes o beneficios que produce, puede tener especial aplicación para bienes y servicios de utilidad general o pública. (Es lo que algunos llaman «valor industrial.»)

El valor de mercado de la unidad industrial es el precio que tendría en régimen de libre competencia. Este valor de mercado para una máquina o unidad industrial pequeña puede existir como precio en el mercado de ese tipo de máquinas, pero si la unidad es un poco compleja, tendría que determinarse por comparación con los actuales valores en venta que prevalecen para unidades industriales análogas, en vez de por su valor en almacén, «stock» o depósito. Podría considerarse como un índice de las expectativas de beneficios que un capitalista en general estimase para inversiones de ese tipo.

Existen otros factores que afectan al valor de las unidades industriales y que varían con las diferentes clases o tipos de las mismas, como, por ejemplo, la naturaleza de la comunidad a que abastecen, tipo de producto o de servicio, materias primas, incremento posible futuro en las facilidades de transporte, etc.

Como ejemplo de la forma de practicarse lo expuesto diremos que en Norteamérica los principales factores que se utilizan como base en la determinación estimativa del valor de una instalación industrial son: el valor originario actualizado, el valor-costo de reproducción en el momento presente, el valor inmaterial incorporado, el valor en servicio y el valor en mercado. La Jurisprudencia norteamericana sostiene que «a cada uno de dichos fac-

tores se le debe dar tal importancia (o peso), como proceda en justicia según el caso»; manteniendo asimismo que esa importancia relativa que se dé a cada factor, no se debe basar en una fórmula rígida, sino en una estimación equitativa.

Observación.—Si estos valores se determinan como punto de partida para el cálculo de las amortizaciones, habría que deducir de ellos su correspondiente valor de desecho.

TERCERA PARTE

AMORTIZACIONES Y REVALORIZACIONES INDUSTRIALES

CAPÍTULO I

ALGUNAS OBSERVACIONES FUNDAMENTALES

Las amortizaciones industriales y las fluctuaciones del valor de la moneda.

Como sabemos, la Contabilidad de una empresa engloba operaciones efectuadas en diversas épocas, y si el patrón monetario utilizado en esos períodos de tiempo no es el mismo (o no tiene el mismo valor), es preciso hacer en las cifras que se comparan ciertas correcciones compensadoras, so pena de llegar a *operaciones contables totalmente carentes de significado* y a balances que no representan de cerca ni de lejos la situación real.

Pero, por circunstancias diversas, sucede con frecuencia que no se hacen esas correcciones y *la Contabilidad facilita un índice totalmente divorciado de la realidad.* Las personas extrañas a la empresa no suelen apreciar tal divergencia, conformándose con ver superficialmente el asunto y dando a los balances presentados una confianza ciega. Sin embargo, dicha disparidad plantea arduos problemas a los dirigentes de la Sociedad, *sobre todo en lo relativo a las amortizaciones.* Éstas se basan en las sucesivas cifras alcanzadas en el pasado por las inmovilizaciones. Pero así como la edad de las diferentes instalaciones se puede conocer perfectamente, en cambio si se han atravesado períodos de oscilaciones monetarias, su valor real puede no ser conocido si se han hecho los sucesivos inventarios en moneda de valores diferentes. Debido a ello la estimación del fondo de amortización resulta difícil y aleatoria, planteando constantemente cuestiones imprevistas. Este estudio lo dividiremos en tres partes:

1.ª Variaciones teóricas del fondo de renovación del equipo capital en el caso de mantenerse constante el valor de la moneda.
   Fondo de amortización industrial.
   Fondo de caducidad.

2.ª Revalorización del activo y del pasivo al desvalorizarse la moneda.

3.ª Cálculo del fondo de renovación del equipo capital después de la devaluación.

Función verdadera de la amortización industrial.

Existen varias definiciones contables de «amortización», tales como: «Reposición de un activo desaparecido».

«Afección de un beneficio (aparente) a la reposición exacta o a «forfait», de una pérdida consumada» (1), es decir, esta definición se basa también en la reposición de un activo desaparecido.

(1) L. Quesnot. «Administración Financiera.»

«Constatación (o constancia) contable de la pérdida con relación al valor originario o inicial.»

«Compensación de la depreciación afectiva de bienes reales» (1), etc., etc., que dan a la amortización el aspecto de un hecho acabado, inmutable y pasado.

Pero el aspecto verdadero, real y de estricta importancia en que hay que considerar la *amortización industrial,* es el de la función que debe cumplir en su día, es decir, la *reconstitución futura del activo.*

Desde el punto de vista de la gestión de una empresa es este aspecto predominante, siendo hoy día aquí preciso el que las amortizaciones se basen no sólo en la cifra contable de las amortizaciones, sino sobre un valor totalmente distinto y mucho más elevado: *el costo de reposición de la maquinaria o del equipo capital en general.*

Así nos apartamos deliberadamente de las definiciones y teorías contables; pero entramos en la realidad del problema vivo de la reposición del equipo capital.

Amortización industrial y amortización financiera.

En relación con este problema, no creo se deba pasar por alto una falta de criterio, en que con bastante frecuencia se suele incurrir en la práctica contable; y que, incluso, es mantenida en algunos manuales de Contabilidad: Y es la de *confundir la amortización del equipo capital* (es decir, la provisión periódica de su fondo de renovación) *con la amortización financiera de un préstamo* en dinero, ya que, aunque ambas pueden coincidir excepcionalmente en algunos casos, deben distinguirse claramente en su metodología en la Contabilidad, si ésta trata de expresar fielmente las realidades de la Empresa fabril; no sólo porque las bases reales de ambas son completamente distintas (el devolver un préstamo, aunque el importe del mismo haya servido para comprar maquinaria, que el ir rellenando el fondo de renovación, en función de su desgaste), sino también porque la forma y detalles contables de una y otra son diferentes, y ambas amortizaciones no tienen necesidad de coincidir en el tiempo ni en el ritmo de variación de las cuotas. Como sabemos, la amortización financiera de un préstamo, bien se determine la anualidad por cualquiera de los métodos clásicos americano alemán o francés, se hace a base de determinar una anualidad constante e idéntica para todos los años que dure la amortización. En cambio, en las amortizaciones industriales, las cuotas que han de ir nutriendo anualmente el fondo de renovación de material, aunque pueden forzarse a que sean iguales todos los años para facilitar su contabilización, sin embargo, no sólo no es esto preciso, sino que es más conforme con la realidad el que sean variables de acuerdo con las curvas de deterioro de cada máquina o unidad fabril de que se trate, o con la suma de las que compongan la instalación industrial completa; o que su variación se ajuste a las horas de trabajo de las distintas máquinas, a las campañas de fabricación; o que se haga en función del número de unidades producidas, cargando la parte alícuota de dicha amortización industrial al costo de fabricación unitario, etc., etc. En las amortizaciones industriales esa provisión del fondo de renovación puede hacerse, en vez

(1) Ch. Hanon. «Analyse et discussión des Bilans.»

de por cuotas globales para todo él, por cuotas parciales correspondientes a las distintas máquinas o secciones fabriles.

Además, dado que el fondo de renovación hasta el momento de su utilización sigue en poder de la Empresa, puede ésta disponer de él, en el caso de una eventualidad imprevista, para otro fin, o para autofinanciación con independencia de que estas prácticas sean o no recomendables, según los casos.

FORMA DE PRESENTACIÓN EN EL BALANCE.

Otra observación que conviene hacer relativa a las amortizaciones es su *forma de presentación en el Balance*:

El procedimiento generalmente empleado, que es el de acumular las cuotas de amortización en una cuenta titulada «Fondo de Amortización», «Fondo de renovación»..., etc., en el pasivo, tiene el inconveniente de exagerar el pasivo y el activo, en el que figura así dos veces: Una en el inmovilizado, al no haber consignado su disminución de valor por el desgaste del equipo capital, y otra al haber conservado en el activo la parte de beneficios correspondiente a la reposición de esos desgastes, que se ha transferido a la cuenta de «pérdidas y ganancias».

Mas conforme con la realidad es el de restar esas cuotas de amortización cada año del «inmovilizado», pasando el correspondiente asiento «De Pérdidas y Ganancias a Inmovilizaciones», pero haciendo constar también su valor inicial en todos los balances, para que se conserve la huella de las amortizaciones anteriores.

Las cuotas de renovación o de amortización del equipo capital se deben llevar al fondo, no sólo en los ejercicios en que haya beneficios, sino siempre, debiendo cargarse según unos a la cuenta de «pérdidas y ganancias», aumentando las primeras o minorando las segundas, y según otros, a la de «gastos generales».

Otra forma de contabilizar las amortizaciones es llevándolas a cabo por lo que se llama la «amortización por el precio de fábrica», adeudando no a la cuenta de pérdidas y ganancias, sino a la de fabricación, con lo que en último término el importe del detrimento del material pasará a la cuenta de mercaderías, y, por consiguiente, aumentará el precio del producto fabricado, disminuyendo el beneficio sólo en apariencia, pues si se hubiera procedido en la forma corriente, el beneficio neto habría sido el mismo en el balance de fin de año, como consecuencia de las amortizaciones ordinarias.

MODIFICACIÓN DE LAS BASES DEL CÁLCULO CLÁSICO DE LAS AMORTIZACIONES INDUSTRIALES.

Recordaremos que son tres los elementos principales que intervienen en el cálculo clásico de las amortizaciones:

1.º El valor de las inmovilizaciones que se consideren.

2.º Su duración o vida industrial.

3.º La ley o ritmo de variación de las cuotas de amortización.

Veamos en qué forma se modifican estas bases:

1.º *Modificación del valor.*—Supongamos que hace años se compró una instalación en 1.000.000 de pesetas, cuya reposición actual costará 3.000.000 de pesetas. ¿Sobre cuál de las dos cifras hay que basar el cálculo de las amortizaciones?

Con arreglo a la definición contable (reposición de un activo desaparecido), no pueden preverse amortizaciones cuyo total sobrepase el valor contable del activo, es decir, 1.000.000 de pesetas. Pero el asiento contable de la amortización, en los libros de contabilidad, no constituye un fin en sí: no es más que un medio para, en su día, poder reemplazar las instalaciones. Es decir, que junto al problema del pasado (amortización del importe inicial), hay el del porvenir: asegurar a la tesorería la suma suficiente para poder hacer las reposiciones del equipo capital, aunque con arreglo al nuevo valor de la moneda depreciada importen una suma más elevada. Vistas así las cosas, con arreglo a la realidad, las amortizaciones deben cubrir no 1.000.000 de pesetas, sino 3.000.000 de pesetas a todos los efectos, incluso el fiscal. *El Fisco no ha de poner trabas a la renovación del equipo capital de las Empresas* (1).

En cuanto a la forma de registrar en contabilidad ese aumento de previsiones para amortización, parece bastante acertado crear (como se ha propuesto recientemente en Francia) un *Fon-*

(1) *Muchos empresarios en España amortizan menos de lo debido, alegando que el Fisco no les permite considerar como gasto deducible el monto de la amortización verdadera.* Sin embargo, nuestra Ley tributaria admite toda amortización con tal de que sea real y contabilizada, preveyéndose en la Ley de Reforma Tributaria de 1940 el restablecimiento de coeficientes máximos de amortización.

La disposición 5.ª de la tarifa 3.ª de la vigente Ley del Impuesto de Utilidades, en su apartado 2.º, dice:

«Se comprenderán como gastos: *b*) Las cantidades destinadas a la amortización de los valores del activo por depreciación o pérdida de los mismos. Las depreciaciones y las pérdidas, para ser computables a estos efectos, habrán de reunir las dos condiciones siguientes: 1.º que sean efectivas. 2.º que se hagan constar por la Empresa en los documentos de su contabilidad, mediante la reducción en el activo de los valores correspondientes o mediante la creación y dotación, comprobada e inequívoca de fondos especiales de depreciación en el pasivo, *siempre que las dotaciones de dichos fondos sean exactamente equivalentes a la depreciación real* de las cuentas correspondientes del activo.»

Esto último es el caballo de batalla de las discusiones de las Empresas con el Fisco, apreciéndose aquí la importancia de las valoraciones de Ingeniería. Quizá conviniera solicitar de la Superioridad el que se conceda una mayor efectividad al contenido de la vigente Ley de Utilidades en el sentido expresado y que se considere en nuestra Legislación Tributaria a las revalorizaciones del inmovilizado del activo, siempre que se ajusten al dictamen pericial sobre su valor real actual, concediéndose la correspondiente exención tributaria en la tarifa 3.ª de Utilidades. Podría exigirse por el Estado el que dicho dictamen pericial se ajustase a las normas que creyera conveniente, pudiendo ser hecho en última instancia por el correspondiente Ingeniero del Ministerio de Hacienda.

Ahora bien, en espera de que se conceda dicha efectividad a la Ley de Utilidades, el empresario puede y debe, con independencia de la amortización que le permita el Fisco a efectos tributarios, amortizar la cantidad real de depreciación, en su contabilidad. Hacienda le considerará un mayor beneficio fiscal que el estimado por él, a los efectos de la determinación de la correspondiente cuota al Tesoro. Pero el empresario puede conservar la amortización en su contabilidad debidamente ajustada a la realidad. En el caso de que ese aumento de amortización, o diferencia entre la amortización real y la amortizacióa fiscal, se hubiera pasado, por ejemplo, a la cuenta «dividendos», la cuota fiscal hubiera sido precisamente esa última que hemos dicho, exigida por el Fisco. Practicando lo que acabamos de indicar, lo único que sucede en este caso, es que han aumentado las amortizaciones a costa de disminuir los dividendos.

Otra solución sería la de crear otra cuenta distinta a la que se pasasen estas diferencias entre la amortización real y la amortización fiscal, detrayéndola de los beneficios. En este caso, si el Fisco considera este fondo pasado a dicha cuenta como fondo de reserva, aumentaría el capital fiscal, de lo que resultaría una disminución de la cuota tributaria.

do de Renovación destinado a cubrir la diferencia entre el valor de reposición y el originario de la instalación (en nuestro ejemplo, 2.000.000 de pesetas).

También podría titularse ese fondo «Amortización complementaria», con más propiedad, y aplicar la palabra «amortización» a la reconstitución de un valor de reposición superior al valor contable.

En consecuencia, mantenemos que cuando el costo de renovación de las máquinas, instalaciones, etc., es superior al valor contable del material que va a reponerse, *las amortizaciones han de basarse sobre el costo real de su reposición por material nuevo.*

NOTA.—Aunque se trate de un período de tiempo largo de estabilidad monetaria, el costo de reposición de la máquina vieja por la nueva puede haber aumentado por otros motivos como por encarecimiento de algunas de las materias primas que entran en su fabricación, etc., y también en este caso hay que amortizar sobre el costo de reposición. Es más, de acuerdo con las teorías de ilustres economistas modernos, la substitución de una máquina o instalación industrial, debe ser hecha cada vez por otra más perfeccionada, demostrándose incluso económicamente, que debido al constante devenir de perfeccionamientos cada vez mayores, es ello necesario para que no disminuya la productividad de la Empresa industrial de que se trate, al resultar inferior su beneficio marginal al de otra Empresa competidora, que trabajase con su equipo capital modernizado.

Por ello es muy corriente que al efectuar la substitución del material máquina o instalación vieja por otra nueva, esta nueva que se adquiere sea más perfeccionada, más potente o de mayor rendimiento, productividad, etc., que la substituída, y que aún en épocas de estabilidad monetaria cueste más. El sobrevalor debido a estos perfeccionamientos es indudablemente no una substitución, sino un aumento de equipo capital, y no debe cubrirse con el fondo de amortización, sino con un aumento de capital (bien sea con nuevas aportaciones de los socios, por autofinanciación, etc.).

En relación con la financiación de este sobrevalor por ser la máquina nueva más perfeccionada, puede suceder lo siguiente:

1.º Que la amortización se haga sobre este precio, lo que no es correcto, ya que en esta forma se aumenta el valor del activo, lo que es contrario al principio contable de que la amortización se haga sin pérdida ni ganancia. Este sistema debe, por tanto, rechazarse.

2.º Que el aumento en cuestión se financie solicitando nuevas aportaciones de capital, con lo que se justifica el aumento de valor del activo.

3.º Por autofinanciación.

2.º *Variación de la duración o de la vida industrial de una instalación.*—Puede suceder que la duración prevista en una instalación se reduzca bruscamente, como por ejemplo, en un caso de accidente o por las consecuencias de una invención nueva.

Aunque algunos economistas incluyan estos casos dentro de los casos de amortizaciones extraordinarias, somos más bien partidarios de que afecten como pérdidas a la cuenta de «pérdidas y ganancias».

En todo caso, en este trabajo admitiremos, para simplificar, que el período de amortización coincide con el de duración de la existencia real del material en condiciones normales de eficacia.

3.º *Cambio del ritmo de variación de las cuotas de amortización.*—Lo corriente es adoptar una anualidad de amortización constante. Pero más se ajusta a la realidad el que la anualidad sea variable, con arreglo a la ley de variación del desgaste o deterioro de la máquina o instalación de que se trate, pudiendo amortizarse también por el número de unidades producidas o por el número de horas de servicio. Además, también hay que tener en cuenta que hay máquinas o equipos que durante los primeros años de producción trabajan menos horas o más que en los siguientes. Por tanto, la anualidad correcta puede no ser constante, sino seguir una ley creciente o decreciente, según los casos.

El ingeniero ha de señalar la cuota de amortización justa de la instalación de que se trate y su ritmo de variación. Claro está que hay que evitar caer en el extremo de señalar ritmos de variación fantásticos o arbitrarios, basados en diversos argumentos técnicos o comerciales.

Sin embargo, teniendo en cuenta que en la mayoría de los casos a unas partes de la instalación o fábrica de que se trate le corresponde un ritmo en la variación de sus cuotas anuales de amortización y a otras partes otros ritmos diferentes, y que es siempre preferible el evitar que éstos sean muy dispares, con lo que los cálculos resultarían muy complicados, puede convenir en algunos casos, si con ello no se aleja uno demasiado de la realidad, el señalar un ritmo o ley de variación constante en las cuotas de amortización para toda la instalación o para las principales secciones o talleres que tenga la empresa.

En el presente trabajo, para simplificar, supondremos que en los ejemplos que vamos a poner las amortizaciones se hacen con ritmo constante en la variación de sus cuotas que han de nutrir el fondo de renovación del equipo capital.

AMORTIZACIONES INDUSTRIALES POR DESGASTE Y POR VETUSTEZ.

Dentro de las amortizaciones industriales hay que distinguir las «amortizaciones por desgaste» y las «amortizaciones por vetustez». Las primeras, como su mismo nombre lo indica, tienen su origen en el desgaste propio de las instalaciones y máquinas. Las amortizaciones por vetustez son debidas a que por el progreso de la técnica una máquina o instalación, aunque sea utilizable, resulte anticuada y de bajo rendimiento.

No obstante, la diferenciación de estas dos causas resulta difícil y algo teórica, por lo que en el presente trabajo englobaremos en la misma categoría ambas depreciaciones y sus amortizaciones. Las llamaremos «amortizaciones industriales», constituyendo su suma «el fondo de renovación del material».

AMORTIZACIONES DE CADUCIDAD.

Independientemente del desgaste y envejecimiento técnico de las instalaciones, puede darse el caso, como se da en las concesiones que no son a perpetuidad, de una «pérdida de propiedad» parcial o total de dichas instalaciones.

Al acercarse la fecha de caducidad, el activo sufrirá una depreciación, que deberá ser compensada con estas amortizaciones de caducidad.

En este caso, si la «vida industrial» de la instalación es superior a lo que podríamos llamar su «vida legal», es indudable que si las amortizaciones se hacen sobre el número de años que constituye su «vida industrial» (superior al número de años de su «vida legal»), al momento de la reversión al Estado el fondo de amortización no cubre el valor real de la instalación. Es decir, que con dicho fondo no se puede reintegrar a los socios el capital que invirtieron en la Empresa.

En estos casos el valor de la realización final de la instalación puede llegar a ser muy inferior a aquél en que figura en Contabilidad, o incluso nulo en caso de reversión gratuita. La diferencia estimada según los elementos de juicio que se poseen ha de ser desde el comienzo de la explotación de la Empresa compensada por retenciones suplementarias de beneficios, dando lugar a las llamadas «amortizaciones de desposesión o de caducidad».

La apreciación de tales amortizaciones es siempre difícil, tanto más cuanto más imprecisas sean la fecha de caducidad y las modalidades de ésta. Puede darse incluso el caso de Empresas que, sin llegar a una desposesión efectiva, tengan que soportar, durante su explotación, una intervención en el empleo de ciertas de sus instalaciones, como consecuencia de nuevos acuerdos con el Estado o con otros grupos de Empresas similares. Una vez hechos dichos contratos, deben hacerse amortizaciones suplementarias que pueden considerarse por extensión como amortizaciones de caducidad, destinadas a compensar la depreciación inherente a las instalaciones puestas fuera de servicio.

Las amortizaciones industriales pueden agruparse en la forma que se indica en el siguiente cuadro sinóptico, dando lugar a los fondos de amortizaciones correspondientes, que señalan:

AMORTIZACIONES INDUSTRIALES.	Amortizaciones por desgaste ...	Fondo de renovación del material	Fondo general de amortización del equipo capital.
	Amortizaciones por vetustez ...		
	Amortizaciones de caducidad ...	Fondo de caducidad	

NOTA.—En todo lo que sigue, con objeto de simplificar este estudio, supondremos que los fondos de amortización no son incrementados por los beneficios que su empleo pueda reportar a la empresa, por sus intereses o por autofinanciación.

CAPÍTULO II

CASO DE ESTABILIDAD MONETARIA

Hechas las anteriores observaciones de carácter general, vamos a examinar algunos aspectos interesantes del problema de las amortizaciones industriales: Primero, en períodos de estabilidad monetaria y después en una época durante la cual, de hecho, se vaya desvalorizando la moneda. Y para simplificar, consideraremos los dos casos extremos teóricos sencillos:

1.º Amortizaciones en el caso de inmovilizado constante en equipo capital.

2.º Amortizaciones en el caso de inmovilizado regularmente creciente en equipo capital.

Y como en toda teoría, tendremos que hacer para no complicar su estudio, aun a trueque de apartarnos de la realidad, algunas abstracciones y simplificaciones, las que, como es lógico, habrá que tener en cuenta con su efecto modificativo, en los casos reales; tales como admitir que la alícuota anual de amortización, en vez de ser variable siguiendo una ley determinada, o función del número de horas de trabajo, o del de unidades producidas, etc., sea constante e igual al valor de la máquina o instalación de que se trate, dividido por el número de años de servicio; que del valor de la misma no se deduce su valor residual; que el fondo de reposición no se incrementa con los intereses o beneficios que su utilización pueda reportar a la empresa; que la instalación no está afectada más que por desgaste y no por vetustez, ni por caducidad; que no existe desvalorización monetaria ni hay en el mercado otros factores que hayan alterado el precio primitivo.

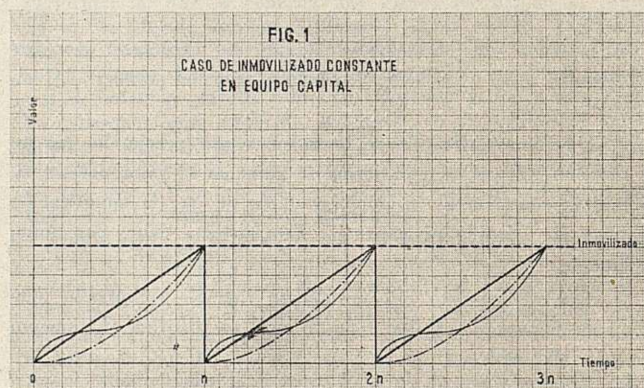
El examen de estos casos extremos nos permitirá sacar algunas consecuencias útiles en relación con frecuentes espejismos e interpretaciones erróneas que a veces se dan en el examen de balances, y en la Contabilidad en general, en relación con las amortizaciones.

PRIMER CASO EXTREMO

AMORTIZACIONES INDUSTRIALES EN EL CASO DE INMOVILIZADO CONSTANTE EN EQUIPO CAPITAL.

Este es el caso más sencillo del cálculo del fondo de renovación del material. Se supone que la empresa no aumenta sus instalaciones, es decir, que su inmovilizado es constante en equipo-capital.

En este caso el fondo de amortización se mueve evidentemente según una línea en dientes de sierra, como se indica en la figura, en la que en el eje de las ordenadas están representados los valores monetarios de la instalación y en el de las abscisas los años (figura 1).



Aunque, como sabemos, es más exacto hacer que el fondo de renovación se mueva según una línea curva como las que como simple indicación se han puesto en la figura, junto a las rectas, repito que para no cansarles con complicaciones admito que las líneas son rectas, lo que no impide sean correctas las consecuencias generales que saquemos a pesar de esta simplificación, que por otra parte en la práctica suele generalmente hacerse para no recargar con complicaciones la contabilidad de la empresa.

Se supone que la vida industrial de la instalación es de n años.

Cada año se amortiza V/n, siendo V el valor de la inmovilización. El fondo de renovación crece rectilíneamente alcanzando, al cabo de los n años, el valor V. En ese momento se substituye la máquina vieja por la nueva, anulando su valor de inventario en contabilidad. Cada n años se reproduce este proceso.

La línea que sigue el fondo de renovación acusa los caracteres de discontinuidad y periodicidad, caracteres que, como veremos, se dan también cuando el inmovilizado es variable, observándose en ambos casos, cómo el fondo de renovación puede disminuir e incluso llegar a valer cero sin que ello signifique mala gestión, pues sus instalaciones pueden en ese momento hallarse plenamente renovadas y eficientes.

SEGUNDO CASO EXTREMO EN PERÍODOS DE ESTABILIDAD MONETARIA

Amortizaciones industriales en el caso de inmovilizaciones regularmente crecientes, en equipo capital.

Si examinamos el segundo caso extremo, veremos, también, que en la línea que representa la variación del fondo de renovación se dan los caracteres de discontinuidad y periodicidad, como, por ejemplo, en el caso de que se incremente el equipo capital anualmente en una instalación más, idéntica, a pesa de que el fondo de renovación se ve incrementado, no sólo por las cuotas correspondientes a las amortizaciones del equipo de primera instalación, sino por las correspondientes a las nuevas instalaciones con que se van efectuando las ampliaciones.

Esto lo podríamos ver en un ejemplo concreto con su gráfico correspondiente, que prescindo de leer por la limitación del tiempo (1) y claramente se aprecia en ambos casos extremos (lo que puede generalizarse para otros intermedios que en la realidad se presentan) que el fondo de amortización puede en algunos períodos, no solamente no aumentar, sino también permanecer fijo durante cierto tiempo o incluso decrecer bruscamente, sin que ello indique una mala marcha de la empresa industrial.

Conviene hacer esta observación, pues *con demasiada frecuencia se atribuye una importancia injustificada al importe total absoluto del fondo de amortización industrial y a su crecimiento regular*, cuando, en realidad, lo más conveniente para la empresa no estriba precisamente en poseer un fondo de amortización abundante, sino instalaciones eficientes y jóvenes, en buen estado de rendimiento y productividad.

Sobre esta materia, el balance no suministra ninguna información seria.—La cifra del valor de las inmovilizaciones que en él figura no consigna la edad de las mismas; y sucede que en la contabilidad de algunas empresas en que no queda nada por amortizar, figurando en ellas, por tanto, un balance muy brillante, puede éste enmascarar la decrepitud de un material agotado.

Se nos dirá que esto es una triste observación; pero mantenemos, junto con el parecer de tratadistas modernos, que hay que darse perfecta cuenta de que la *lectura de un balance, invocada*

---

(1) Este ejemplo es el siguiente:

EJEMPLO DE AMORTIZACIONES INDUSTRIALES EN EL CASO DE INMOVILIZACIONES EN EQUIPO CAPITAL REGULARMENTE CRECIENTES

Consideremos el caso en que la empresa aumente sus inmovilizados, pero que lo haga con regularidad, es decir, que las inmovilizaciones sean regularmente crecientes y que éstas se compongan de instalaciones de idéntica duración que crecen regularmente, por la adquisición anual de nuevas máquinas de valor idéntico.

Así (figura 2), supongamos que la empresa inicia su producción con sólo una máquina que vale 20.000 pesetas y que cada año incrementa su instalación con otra nueva máquina idéntica y de igual valor (repetimos que en esta parte primera de nuestro estudio, suponemos no se altera el valor del dinero) y que la vida industrial de estas máquinas es de diez años. La alícuota anual de amortización es, pues, de 20.000,/10 = 2.000 pesetas.

Al fin del primer año se adquiere una nueva máquina idéntica y de idéntico valor: las inmovilizaciones valen 40.000 pesetas.

Al fin del segundo año se hace idéntica adquisición, subiendo a 60.000 pesetas el valor de las inmovilizaciones, continuando en forma análoga en los años sucesivos. Como se ve, las inmovilizaciones siguen la línea AB.

Veamos lo que pasa con el fondo de reposición. La anualidad al fin del primer año y durante los diez años siguientes, relativa a la primera máquina, es de 20.000/10 = 2.000 pesetas.

Al fin del segundo año se inicia la amortización de la segunda máquina. El fondo de reposición en ese momento es de (2.000 + 2.000) por la primera máquina + otras 2.000, por la primera anualidad de la segunda máquina, o sea de 6.000 pesetas en total.

Al fin del tercer año en el fondo de reposición habrá:

6.000,—	pesetas de amort. por la 1.ª	máquina
4.000,—	» » » » » 2.ª	»
2.000,—	» » » » » 3.ª	»
12.000,—	» en total.	

Análogamente, al fin del cuarto año las existencias en el fondo de amortización serán de 8.000, + 6.000, + 4.000, + 2.000, = 20.000, pesetas.

Y como puede verse fácilmente, para el final del quinto año resultan 30.000 pesetas; para el final del sexto año 42.000 pesetas, para el fin del séptimo año 56.000 pesetas, para el fin del octavo 72.000 pesetas y para el final del año noveno 90.000 pesetas el monto del fondo de reposición. Para el final del año décimo, si no se retirase ninguna cantidad del fondo para comprar una nueva máquina, este fondo alcanzará la cifra de 110.000 pesetas.

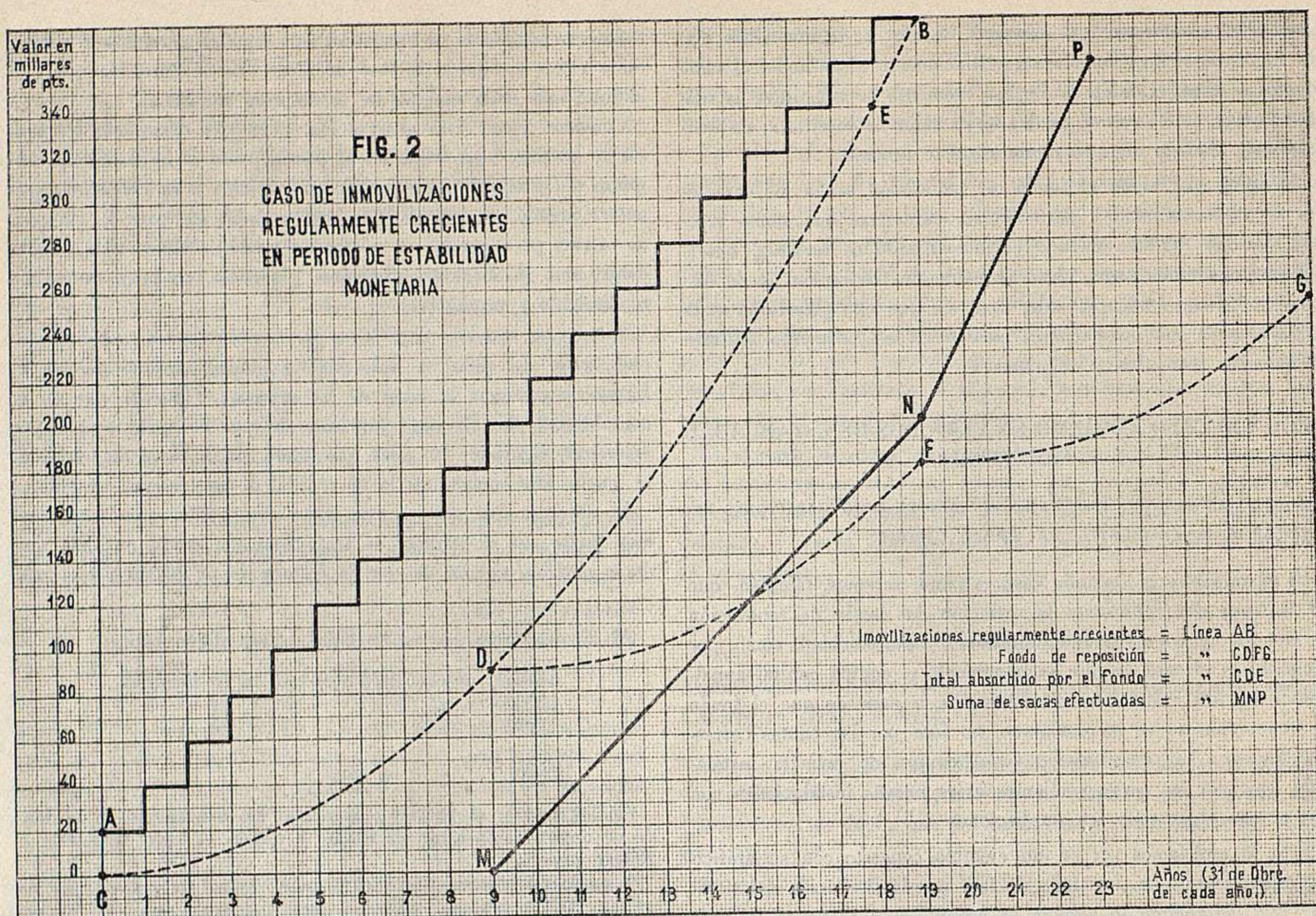
Al fin del año décimo sucede que, por un lado, el fondo de amortización ha de aumentar en 2.000, × 10 = 20.000 pesetas, por tener que amortizar 10 máquinas que son las que ya hay en ese momento, pero como hemos supuesto que la vida industrial de las máquinas es de diez años, en dicho momento hay que retirar del fondo 20.000 pesetas (ya que suponemos no se ha alterado el precio de compra) para adquirir una nueva. Por tanto, el fondo de amortización al final del año décimo conserva el mismo valor que al final del año noveno.

Como a partir de este momento cada año hay que reemplazar una máquina, vemos que el aumento del fondo de amortización se produce con arreglo a la misma ley que en el primer período de diez años.

Lo mismo sucede al llegar al fin del año 19.º, resultando, como puede verse en el adjunto gráfico, curvas idénticas para cada período de diez años.

En todo momento el valor que queda en el fondo de amortización viene dado por la curva CDF, igual a la diferencia entre la suma de anualidades recibidas (curva ADE) y la suma de sacas hechas (diferencia de ordenadas entre las curvas CDE y la MNP). La primera crece en forma parabólica y la segunda crece según una recta en cada intervalo de vida industrial de la máquina (que en este ejemplo es de diez años). Pero en cada nuevo período la inclinación de esta última curva aumenta, frenando en crecimiento del fondo.

Como se ve en este caso, se presenta también como en el anterior, que hemos considerado de inmovilizado constante, una curva formada por ondulaciones idénticas que se alinean a lo largo de una recta, cuya inclinación es la mitad de la de las inmovilizaciones, presentándose las dos características de *discontinuidad y periodicidad*.



con tanta frecuencia como una ciencia muy útil, puede resultar en la realidad totalmente ilusoria.

También se aprecia, al observar la variación del inmovilizado y de la curva que expresa la suma de alícuotas recibidas por su fondo de amortización, la enorme carga que las amortizaciones pueden suponer sobre una sociedad industrial que continúe desarrollándose y ampliando sus instalaciones más allá del plazo de vida de sus primeras inmovilizaciones en equipo capital.

Y volviendo a la importancia de que el examen de un balance vaya acompañado por el estudio hecho por un especialista sobre la realidad de la empresa, de su productividad, vigor industrial, etcétera, hay que señalar asimismo que la *contabilidad puede enmascarar la decrepitud del equipo capital, no sólo en momentos anteriores al final de su vida en servicio, sino también en ese momento* puede la empresa simular por una ampliación de capital que en vez de para reponer máquinas desgastadas o vetustas necesita ese dinero que reclama a los socios o accionistas, para ampliar sus instalaciones.

Como hemos visto al analizar el caso de inmovilizado constante, el fondo de amortización correspondiente a una sola máquina o a una sección fabril que no experimente ampliaciones presenta, dentro del funcionamiento perfectamente regular y normal de una empresa próspera, no sólo el carácter de discontinuidad, sino que puede, dentro de su variación correcta, descender, llegando incluso en algunos momentos a valer cero, sin que ello indique irregularidades o momentos adversos para la empresa, lo que se ve también por su curva representativa.

Por tanto, si consideramos en su conjunto una empresa industrial completa con diversas secciones, talleres, etc., de distintas características y curvas de deterioro, es indudable que al calcular la marcha de su fondo de amortización o determinar la curva que nos represente la variación del mismo, como resultante de las variaciones de los fondos de amortización individuales de cada elemento de su equipo capital, se apreciarán en muchos casos marcadas irregularidades y discontinuidades, pudiendo ser las alzas y bajas bruscas que nos presentan los fondos de amortización más fuertes en la curva resultante si se da el caso de que en algunos momentos coincidan variaciones del mismo sentido en los fondos de amortización individuales.

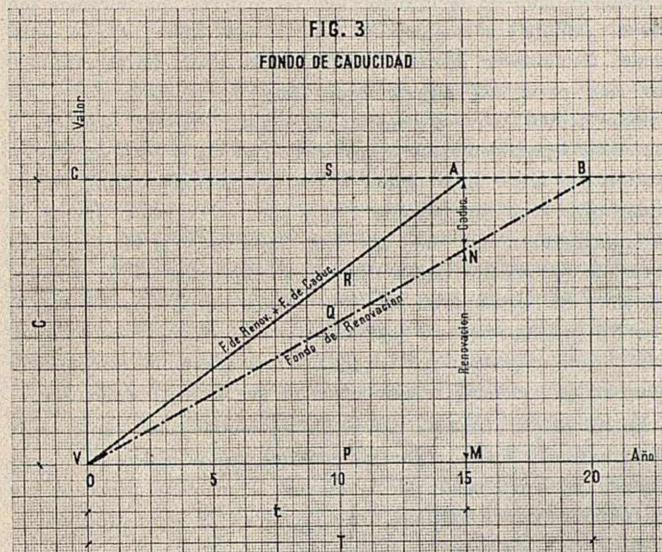
Fondo de caducidad.

Es el correspondiente a las amortizaciones de caducidad de que hemos hablado anteriormente. Puede darse el caso de que, independientemente del fondo de renovación, la instalación de que se trate precise también un fondo de caducidad.

Como ya indicamos, esta necesidad se presenta, por ejemplo, en los casos de concesiones que no son hechas a perpetuidad, sino que tienen una fecha de caducidad, o de reversión al Estado.

Ya indicamos también que en estos casos el valor de realización final de la instalación puede llegar a ser muy inferior a aquel por el que figura en Contabilidad, o incluso nulo en caso de reversión gratuita, y establecimos lo que entendíamos por vida industrial de la instalación y por vida legal de la misma.

Para no perdernos en abstracciones supongamos un caso concreto: Se trata de una instalación de valor $C = 30.000.000$ de pesetas, de duración de vida industrial $T = 20$ años, pero que al cabo de un tiempo inferior $t = 15$ años ha de revertir gratuitamente al Estado (fig. 3).



Si no tuviéramos en cuenta más que el fondo de renovación, las cuotas de amortización vendrían determinadas por la línea VB cual se observa en la figura 3. Ahora bien, como dicha amortización no basta, sino que ha de hacerse en total sobre la línea VA, que es la que termina en la fecha real de caducidad, se aprecia la necesidad de crear un fondo suplementario (representado por los segmentos de ordenadas comprendidos entre las curvas VB y VA). Al final de estos t años, y si solamente se tiene en cuenta la depreciación industrial (desgaste y envejecimiento) el valor real de la instalación ha disminuído en $MN = \frac{C}{T} t$, y éste es el total de las anualidades de renovación que han debido acumularse para compensar ese infravalor.

Pero al final de la concesión se trata de encontrar en el activo la integridad del importe C que figura en el balance, pudiendo verse que a las amortizaciones anteriores les falta la suma NA para, complementando el valor MN de las anualidades de renovación, obtener la cantidad C.

Observemos que:

$$NA = MA - MN = C - (C/T)\, t = \frac{C}{T} (T - t).$$

Aquí C/T representa la anualidad normal de renovación tal como resulta de la duración de vida industrial real de la instalación.

En el instante M (fin de la concesión), se han llevado t anualidades semejantes a los fondos de amortización, faltando todavía $T - t$ para obtener el valor total C. Se aprecia que NA representa el total de las amortizaciones de caducidad que hubiera sido necesario asegurar inicialmente, resultando que el total de las amortizaciones de caducidad es igual al producto de la anualidad normal de renovación por el número de años que la instalación en cuestión hubiera durado después de su caducidad legal, es decir, por la diferencia entre la vida legal y la vida real de la instalación.

En los casos de estas empresas cuyas concesiones revierten al Estado, han surgido constantemente dudas y discusiones sobre el valor que hay que dar a la mismas, sobre la determinación de su capital, etc., y discusiones con el Fisco al mantener algunas empresas la teoría de que su capital está desvalorizado debido a esa perspectiva de reversión de la instalación al Estado, presintiéndose la necesidad de crear el «Fondo de caducidad» para hacer frente a esa depreciación.

Esta teoría del «Fondo de caducidad» es muy útil para aclarar dichos conceptos, dudas y discusiones.

Se trata de conservar íntegro el valor del capital aportado por los socios o accionistas (en el ejemplo anterior, 30.000.000 de pesetas), de forma que en cualquier momento de la vida de la empresa éste sea constante (para no complicar este estudio suponemos, desde luego, que no existen variaciones en el valor de la moneda durante el período que abarca el ejemplo que estamos viendo). Se trata también de que el capital siga siendo el mismo en el momento de la caducidad de la empresa, en el cual la suma del fondo de renovación con el fondo de caducidad, nos ha de dar dicho capital de 30.000.000 de pesetas, con el que se puede reintegrar a los socios o accionistas las cantidades íntegras aportadas.

Con esto se ve que es imposible toda discusión sobre un posible infravalor del capital de la empresa producido por la expectativa de caducidad de la concesión, ya que en esta forma (es decir, creando el fondo de caducidad) el capital se mantiene constante durante toda la vida de la empresa.

Así, por ejemplo, a los diez años, como se ve en la figura, el capital C está integrado por las existencias de PQ pesetas del «Fondo de renovación», más las existencias de QR pesetas del «Fondo de caducidad», más el valor RS que se da a la instalación, inferior, desde luego, al QS, que es el valor real de la instalación. Pero no se tiene en cuenta este valor, sino el RS debido a que en el tiempo t inferior al T tiene lugar la caducidad

A los quince años el capital C está ya totalmente acumulado en la suma de MN pesetas (monto del fondo de renovación) más NA pesetas (monto del fondo de caducidad).

Para que esto tenga efectividad, es preciso que la empresa vaya acumulando, además del fondo de renovación, las anualidades correspondientes al fondo de caducidad.

Sin embargo, todavía en nuestro país no puede hacerse oficialmente dado el actual estado anticuado de nuestra legislación fiscal, que ha de modernizarse en varios puntos, siendo uno de ellos y de los más importantes el relativo a las amortizaciones, como ya hemos dicho antes, y en el cual hay que incluir también la creación del fondo de caducidad en las empresas a que afecta, consintiendo, por tanto, que de los beneficios anuales se detraigan no sólo las anualidades correspondientes al fondo de renovación, sino también las correspondientes al fondo de caducidad.

Observemos que habríamos podido, desde el principio, prescindir de la duración real de funcionamiento (o vida industrial) y efectuar las amortizaciones del valor total C solamente sobre el intervalo que realmente interesa a la empresa: los t años de duración de la concesión. Así habríamos adoptado una anualidad total de amortización de C/t sin discernir entre cuota de caducidad y cuota de renovación.

Sin embargo, lo más cómodo en la práctica es establecer, en primer lugar, las amortizaciones «standard» de renovación, que consiste en aplicar a los conjuntos de la instalación de igual vida industrial un % normal de amortización, prescindiendo de todo lo demás.

Una vez aplicado este método y establecidas las amortizaciones normales de renovación, es decir, como si la instalación no estuviese afectada de caducidad, basta corregirlas por medio de las amortizaciones de caducidad calculadas en la forma que hemos hecho anteriormente.

Las cuestiones relativas a las amortizaciones desbordan ampliamente el dominio de la contabilidad propiamente dicha.

En primer lugar, los valores que mencionan los libros representan precios de instalaciones que son válidos solamente para un pasado, muchas veces ya lejano. No pueden suministrar informes válidos sobre el coste de las inmovilizaciones a adquirir en el porvenir y que dependerán de las circunstancias económicas, de los progresos técnicos, de la importancia de las nuevas máquinas, etcétera. También, las amortizaciones industriales, mientras sólo se basen en las cifras de la contabilidad, aunque éstas hayan sido revalorizadas, están afectadas de una gran imprecisión que no hay que olvidar.

Por otra parte, en las empresas que explotan concesiones de activo defectible (desposesión parcial o total al término de la concesión) las amortizaciones de caducidad se aprecian con dificultad: dependen de la importancia de las cantidades que la sociedad ha de invertir antes de la terminación de sus actividades. Pero la estimación del aumento futuro de las inmovilizaciones es, en sí misma, muy aleatoria. Después de un determinado lapso de tiempo de explotación se puede establecer una ley media del crecimiento del costo de las instalaciones.

Extrapolando esta ley para el porvenir podemos apreciar el valor final que las inmovilizaciones de la empresa alcanzarían al fin de la concesión. Sin embargo, esta extrapolación es muy imprecisa.

En caso de reversión gratuita, la empresa puede encontrarse en situación delicada. Puede verse precisada en el último período de su funcionamiento a aumentar sus instalaciones (1), o a efectuar nuevas inmovilizaciones inevitables. Si éstas sobrepasan el beneficio de los últimos años, la empresa no podrá hacer estas adquisiciones sin pérdida, a menos de haber previsto, desde mucho tiempo antes, amortizaciones superiores a las normales, con vista a estas últimas inversiones. Se llega a este resultado paradójico: que hubiera sido preciso «empezar las amortizaciones de caducidad mucho tiempo antes de que se efectuasen las inmovilizaciones correspondientes». Puede darse el caso entonces de que a la empresa le convenga deshacerse de sus derechos de concesionaria antes de la fecha de reversión.

(1) Esta necesidad puede provenir, por ejemplo, del aumento de clientela, de la obligación de suministros inherentes al contrato como contrapartida de un monopolio, etc., como en el caso de un F. C. que se vea precisado a aumentar el número de trenes y material por aumento del número de viajeros, etc.

CAPÍTULO III

REVALORIZACIONES DEL EQUIPO CAPITAL Y CONSECUENTES MODIFICACIONES DE SUS AMORTIZACIONES

Revalorizaciones

Como dijimos en la introducción, las materias que tocamos son de tal amplitud y complejidad que, en este breve espacio, solamente tratamos de destacar los problemas para que se estudien. En esta parte del trabajo (que trata de revalorizaciones del equipo capital) no entramos ni a estudiar nuestra compleja y anticuada legislación sobre la materia, ni menos la legislación comparada con la de otros países, en los que también existen numerosos errores en esta materia y que son, actualmente, fuente de discusiones entre las empresas contribuyentes y la Hacienda. La variación en muchos países del poder adquisitivo de la moneda, ha sido de tal amplitud en estos últimos años que ha creado grandes preocupaciones a las empresas industriales y mercantiles, para llegar a confeccionar, de una forma aceptable, los balances que han de someter a la aprobación de sus socios o accionistas.

En los países afectados por la última contienda, la rápida baja de la moneda, iniciada por los enormes gastos bélicos, fué acrecentada inmediatamente por la escasez de materias primas y por los grandes gastos estatales requeridos por la reconstrucción.

Para la mayor parte de las entidades económicas, la necesidad que han sentido con más fuerza ha sido la de que las cuentas que representan partidas del equipo capital se ajusten al nuevo valor de la unidad monetaria. Como dice Minniti: «Las recien»tes experiencias monetarias efectuadas en los Estados que, direc»ta o indirectamente, han sufrido el desastre financiero produ»cido por la última guerra, enseñan que la *estabilización mone»taria* es la premisa del saneamiento económico del país y que »la estabilización hacendística y de la balanza de pagos son una »consecuencia de dicho saneamiento de la economía nacional.»

Por creer que éste de las revalorizaciones es un problema que tiene también gran interés aquí, es por lo que hablo de él en este trabajo, con el solo deseo de señalarlo para que se estudie, pues todos sabemos que el problema es muy difícil de resolver prácticamente y que en los pies en los que se han permitido actualmente reajustes en las cuentas por revalorizaciones, se ha hecho con limitaciones, algunas de las cuales han levantado grandes protestas por no estar del todo justificadas, como la de someter a las depauperadas economías de las empresas de dichos países al gravamen de «levas de capital», sin haber antes estudiado una base real que pudiera legitimar su aplicación.

Al efectuar esto, otra preocupación que se ha tenido ha sido la de evitar maniobras de bolsa, haciendo por coeficientes fijos los reajustes de revalorizaciones y rodeando de especiales cautelas las transferencias a capital de los saldos activos, provocados por la revalorización monetaria.

Así como en épocas de estabilidad monetaria (o del poder adquisitivo de la moneda, o de estabilidad del nivel de precios, etcétera) el problema se reduce a ir rellenando debidamente el

fondo de amortización, y como éste no se deprecia, comprar después con él la maquinaria nueva; sin embargo, en los períodos de tiempo en que la moneda se va desvalorizando, existen dos problemas dificultosos:

1.º El anterior, que se complica al aumentar el precio de reposición en moneda depreciada.

2.º El de conservar el valor del fondo de amortización. Es decir, evitar que la depreciación monetaria le arrastre en su desvalorización, como podría suceder, sobre todo en mayor grado a las primeras alícuotas aportadas a dicho fondo. Debido a este peligro algunos defienden el que esas cantidades con que debiera nutrirse el fondo de amortización; en vez de llevarlas a dicho fondo, se repartan entre los socios en cada ejercicio, «mientras ese dinero valga todavía algo» y en el momento de la reposición del equipo capital pedir nuevas aportaciones a los socios en moneda depreciada. Sostienen que en esta forma el conjunto económico privado formado por la comunidad empresa-socios no ha sufrido esa pérdida por depreciación del fondo de amortización. Claro que en esto juegan otros factores como el incremento impositivo correspondiente al aumento de cantidad repartida con ese falso beneficio, quitada al fondo de amortización. Además, habría que publicar con toda claridad que esas cantidades no deberían considerarse como beneficios, sino como devoluciones de capital, que más adelante volverían a ser reclamadas a los socios, cuando fuera necesario reponer el equipo capital, con todas las complicaciones y trabas inherentes jurídicas y tributarias.

De entre los diversos expedientes a que para conservar el valor del fondo de amortización puede recurrirse, quizás sea el más interesante, el de que dicho fondo lo dedique la propia empresa a su *autofinanciación*, principalmente en las empresas prósperas y en aquéllas en las que el fondo de amortización queda durante mucho tiempo sin utilización debido a tener sus instalaciones una vida industrial larga. Además, la autofinanciación presenta ventajas de tipo impositivo sobre la colocación exterior a la empresa de ese fondo, que en este caso se vería gravado por impuestos sucesivos.

En esta forma la revalorización del fondo de amortización puede no ser acusada por la contabilidad y, sin embargo, no por eso ser menos efectiva.

Si la modalidad de la industria de que se trata y la forma progresiva en que se fué montando su equipo capital, ampliándolo por pequeñas instalaciones o máquinas idénticas, lo permite, otra solución es dedicar periódicamente las cantidades del fondo de amortización a la adquisición de nuevas máquinas en los adecuados momentos espaciados en el tiempo, correspondientes a las reposiciones sucesivas parciales.

Este problema de evitar la desvalorización del fondo de amortización se reduce en último término al de la *conservación de un valor en el tiempo*. Hechas las anteriores consideraciones, y dado el carácter del presente trabajo, no hago más que indicar la existencia de este problema y suponiéndolo resuelto, es decir, que el fondo de amortización no se va depreciando, vamos a abordar el que verdaderamente nos ocupa en esta parte del trabajo; es decir, el de la *amortización del equipo capital en épocas de desvalorización monetaria*.

Lo primero que en este caso veremos es lo relativo a la revalorización del equipo capital en dichas épocas y después, como consecuencia, la modificación de sus amortizaciones.

Modificaciones del activo y del pasivo de una empresa industrial al desvalorizarse la moneda.

Estas consideraciones están hechas solamente con miras al estudio del problema de las amortizaciones industriales.

Si al desvalorizarse la moneda no se aumentan los valores contables de las instalaciones, no por eso el aumento de valor es menos real: dicho aumento está implícito. Los balances empiezan a separarse cada vez más de la realidad.

Y dado el que necesitamos que la contabilidad refleje la verdadera realidad de la marcha de la empresa, es de desear que todo figure, en cuanto sea posible, por su verdadero valor, efectuándose las necesarias correcciones de su valor monetario.

La revalorización del activo de una empresa industrial como base de una amortización racional

Para simplificar y concretar ideas vamos a hacer nuestro estudio sobre un ejemplo. Supongamos el caso sencillo de una empresa industrial en la que las inmovilizaciones anuales son regulares, creciendo, por tanto, rectilíneamente el importe de las mismas. Y supongamos que se trata de un período de diez años de la vida económica de un país imaginario, a cuya unidad monetaria para entendernos mejor la llamaremos, no obstante, peseta. Ese período de diez años coincide con el de funcionamiento de la empresa que estudiamos, que inicia su fabricación en el primer año. Se supone que durante los cuatro primeros años el valor de la peseta (unidad de cuenta) baja en la forma que indica la adjunta escala, permanece constante durante los años 5.º, 6.º y 7.º. Al final del año 7.º tiene lugar otra baja como se indica en la escala, siguiendo después su valor estable durante los años 8.º, 9.º y 10.º

Para simplificar prescindimos de comparar el valor de la peseta nominal con el de la peseta oro. Lo que hacemos es comparar el valor adquisitivo medio de la peseta en cada año, con el del año 8.º que tomamos como base en una de las escalas de valores y con el valor de la peseta en el año 5.º que tomamos como base en la otra escala de valores.

Años	Valor de la peseta en relación con la del año 5.º	Valor de la peseta en relación con la del año 8.º
1.º	2,—	4,—
2.º	1,80	3,60
3.º	1,55	3,10
4.º	1,30	2,60
5.º	1,—	2,—
6.º	1,—	2,—
7.º	1,—	2,—
8.º	0,50	1,—
9.º	0,50	1,—
10.º	0,50	1,—

Se supone que el valor de inventario del equipo capital de la Empresa es, en 31 de diciembre del primer año, de 6.000.000 de pesetas. En el cuadro que va a continuación se expresa en la columna II el valor de inventario no revalorizado, correspondiente al 31 de diciembre de cada año; es decir, dicha columna indica las cifras totales dadas por la contabilidad sin revalorización alguna. Por tanto, los diferentes aumentos entre años sucesivos corresponden en algunos de ellos a valores desiguales de la unidad monetaria. Dichas diferencias se expresan en

la columna III. En la columna IV se expresan las revalorizaciones efectuadas referido todo ello a pesetas del año 5.º Y en la columna V, lo mismo, pero referido a pesetas del año 8.º como unidad.

CUADRO NÚM. 1

I FECHA	II Valor de inventario no revalorizado	III Aumento desde el final del ejercicio precedente	IV Revalorizaciones de los aumento en pesetas del año 5.º	V Revalorizaciones de los aumentos en pesetas del año 8.º
31 diciembre del año 1.º ...	6.000.000,—		12.000.000,—	24.000.000,—
Idem 2.º año	7.000.000,—	1.000.000,—	1.800.000,—	3.600.000,—
Idem 3.º »	8.000.000,—	1.000.000,—	1.550.000,—	3.100.000,—
Idem 4.º »	9.000.000,—	1.000.000,—	1.300.000,—	2.600.000,—
			16.650.000,—	33.300.000,—
Idem 5.º »	11.000.000,—	2.000.000,—	2.000.000,—	4.000.000,—
Idem 6.º »	13.000,000,—	2.000.000,—	2.000.000,—	4.000.000,—
Idem 7.º »	15.000.000,—	2.000.000,—	2.000.000,—	4.000.000,—
			22.650.000,—	45.300.000,—
Idem 8.º »	18.000.000,—	3.000.000,—		3.000.000,—
Idem 9.º »	21.000.000,—	3.000.000,—		3.000.000,—
Idem 10.º »	24.000.000,—	3.000.000,—		3.000.000,—
				54.300.000,—

Al examinar este cuadro se aprecia a qué cifras tan enormes se llega al revalorizar las instalaciones con arreglo a la depreciación real de la moneda. Ahora bien, *lo que se hace con frecuencia en algunos países extranjeros es contentarse con revalorizar en una propocirón más reducida*, debido principalmente a las trabas legislativas y haciendo una estimación según el tipo de instalación, su vida industrial, y otras consideraciones de orden técnico.

Supondremos en este ejemplo para mayor generalidad, y con miras al cálculo posterior de las amortizacienes, que antes de la puesta en marcha industrial de la instalación hay un período de montaje que cubre el primer año de vida de la empresa, por lo que admitiremos que el desgaste de su equipo no empieza hasta el comienzo del segundo año.

Podría prescindirse, en lo que se refiere al estudio de las amortizaciones, del período de montaje, empezando dicho estudio en el momento de la puesta en marcha de la industria; sobre todo si suponemos también que para simplificar no se consideran amortizaciones por vetustez, o que van incluídas en las amortizaciones por desgaste (pues si no, habría, desde luego, que contar con el período de montaje que afecta a las primeras) y que en el caso examinado no hay que considerar que se halle afectada la empresa por alguna caducidad legal. Sin embargo, interesa el tener en cuenta el período de montaje, sobre todo si es largo, para la determinación «a posteriori» de los valores originarios del equipo industrial y cálculo de sus revalorizaciones, como base para las amortizaciones.

En el cuadro siguiente hemos puesto el valor acumulado por años, todos ellos en pesetas, del año 8.º

En el ejemplo que consideramos, el sobrevalor para la revalorización que se admitiría, haciendo lo que en Francia se llama *revalorización contable atenuada*, podría ser bastante inferior a la revalorización hecha con arreglo a la depreciación real de la moneda. Es decir, que en 31 de diciembre del año 10.º (9.º de funcionamiento industrial), el valor de inventario no revalorizado,

CUADRO NÚM 2

Años	FECHAS	Valores acumulados en ptas. del año 8.º
1.º	31 de diciembre del año: Año de montaje	24.000.000,—
2.º	1.er año de funcionamiento	27.600.000,—
3.º	2.º » » »	30.700.000,—
4.º	3.º » » »	33.300.000,—
5.º	4.º » » »	37.300.000,—
6.º	5.º » » »	41.300.000,—
7.º	6.º » » »	45.300.000,—
8.º	7.º » » »	48.300.000,—
9.º	8.º » » »	51.300.000,—
10.º	9.º » » »	54.300.000,—

calculado como se viene haciendo en España por las empresas, es decir, sumando las pesetas de las distintas épocas, como si fueran cantidades homogéneas, es de 24.000.000 de pesetas.

El valor de inventario revalorizado absolutamente, resulta, como se ve en el cuadro, de 54.300.000 pesetas. Pues bien, aplicando el criterio francés, preconizado también por Ernest Weidmann, en vez de considerar el sobrevalor real de (54.300.000 — —24.000.000 pesetas = 30.300.000 pesetas, se podría aceptar una cifra muy inferior: por ejemplo, 10.000.000 de pesetas solamente, contabilizándolas en la forma siguiente:

El activo se aumenta con el sobrevalor adoptado por la empresa (10.000.000 de pesetas), que se pasa a la cuenta «inmovilizaciones».

En *el pasivo* se crea una cuenta especial a la que se pasa también dicha cifra. Esta podría titularse, por ejemplo, «revalorización del equipo capital», «reserva indisponible, por revalorización», etcétera.

Con el tiempo, si la desvalorización monetaria se afianza, el sobrevalor de que estamos tratando acaba incorporándose al capital.

Con arreglo al cuadro núm. 1 de valorización que acabamos

de exponer pueden trazarse unos sencillos gráficos que nos representen la variación del valor de inventario sin revalorización alguna, las mismas variaciones, pero con revalorizaciones bruscas concentradas en los momentos adecuados y otra línea que nos representase las mismas variaciones revalorizadas, pero retrotraídas al origen o año inicial; apreciándose cómo el primero carece de homogenidad, ya que sus cantidades se expresan en unidades monetarias de diversos valores, y, por tanto, también los inventarios sucesivos representados, y que son los que ordinariamente figuran en contabilidad, no tienen sentido real.

El segundo, o sea, la línea con revalorizaciones concertadas (basado en los valores de adquisición del equipo capital revalorizados) tampoco tiene homogeneidad, por existir en él tres períodos monetarios diferentes. Por ello resulta interesante la tercera línea correspondiente al segundo cuadro anterior, ya que representa todo él valores homogéneos en moneda del mismo valor. Ésta es la que nos serviría en teoría, como base para el cálculo de los fondos de amortización, sobre las revalorizaciones retrotraídas.

Caso se adoptare una revalorización contable atenuada, la base para dichos cálculos de cuotas de amortización, teórica, sería esta última retrotraída también al origen.

El problema de aplicación práctica relativo a las amortizaciones industriales es el de ir determinando las cuotas anuales con que hay que ir nutriendo el fondo de amortización correspondiente. (Admitimos que la empresa consigue que éste no se deprecie, por autofinanciación o por otros medios.)

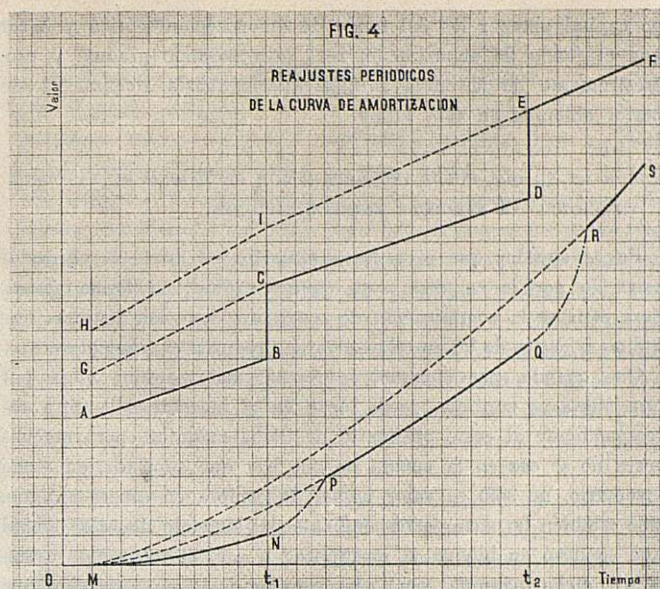
Este problema, cuando el costo de reposición es idéntico a lo que costó la parte del equipo capital que va a substituirse, es sencillo, pues la ley de variación de las cuotas de amortización puede ser perfectamente conocida, en relación con el tiempo en años u horas de servicio, número de unidades producidas, etc., pudiendo determinarse la cuota correcta correspondiente a cada año.

Ahora bien, en *épocas de depreciación monetaria*, al no conocerse lo que la máquina nueva va a costar el día de su adquisición, no se pueden determinar exactamente las cuotas de amortización correctas. Lo conveniente sería determinarlas con la mayor aproximación posible, haciendo rectificaciones periódicas, aumentándolas con un amplio margen de seguridad, teniéndose en cuenta la tendencia que señale un prudente cálculo de probabilidades, extrapolando hacia el futuro la curva de variación del valor del equipo capital con revalorización gradual progresiva.

En este caso, tanto si el inmovilizado industrial es constante como si es creciente, las curvas de su variación y las de sus fondos de amortización son análogas a las que hemos visto de equipo capital regularmente creciente en caso de estabilidad monetaria, ya que las cosas pasan como si permaneciendo constante el valor de la moneda, el valor del equipo capital fuera aumentando, siendo estas curvas ahora más inclinadas por el envilecimiento monetario.

Esto en relación con las curvas teóricas ideales basadas en el valor futuro, que se desconoce de dicho inmovilizado. Las curvas reales irán con *rectificaciones periódicas* tratando de acercarse a las curvas ideales teóricas (figura 4).

Estos reajustes convendrá hacerlos en períodos de tiempo lo más cortos posible, para que las curvas de amortizaciones reales



no se distancien mucho ni en valor ni en tiempo de las teóricas.

El que la revalorización sea gradual y progresiva no interesa tanto para el equipo capital como para la determinación de las cuotas de amortización del mismo, ya que obtenemos el mismo resultado último en cuanto a la revalorización del equipo capital retrotrayendo al origen el valor final obtenido con las revaloraciones bruscas concentradas como con las graduales sucesivas. Pero, en cambio, para los valores intermedios del fondo de renovación, sí interesa mucho el que la revalorización sea gradual y hecha por períodos de tiempo lo más cortos posible, al objeto de ir reservando cada año la alícuota adecuada.

Por ello, aunque no se hagan con carácter oficial en la contabilidad revalorizaciones del equipo capital, sí pueden calcularse independientemente con carácter particular para basar en ellas las cuotas de amortización correctas.

Lo más sencillo es en el momento en que se considera la desvalorización concentrada, calcular un incremento de amortización independiente suplementaria como si la «plus-valía» fuera un aumento de equipo capital. Aunque esta solución es la más fácil se aleja bastante de la realidad, ya que se hacen figurar las cosas, como si en el momento de la revalorización el aumento, en forma de salto brusco del valor de equipo capital, fuera debido a la adquisición de nuevos elementos, cuya amortización se inicia entonces; cuando en realidad lo que se trata es del reajuste del valor de instalaciones que ya están en parte desgastadas.

Por eso resulta más exacto el cálculo del fondo de renovación, basado en las cifras que para el valor del inmovilizado industrial se obtienen con las revalorizaciones retrotraídas. La dificultad del cálculo de éstas es debida a que, al no conocerse durante los años del desarrollo de la empresa las desvalorizaciones futuras, las revalorizaciones que corresponderían, también desconocidas, no pueden retrotraerse al momento de la iniciación del fondo de renovación. En cambio, lo que sí puede hacerse es en los años en que se considere la desvalorización brusca concentrada hacer la retrotraída al origen, y con arreglo a los valores teóricos que así se obtengan para la variación del valor del equi-

po capital obtener los del fondo de amortización teórico y hacer que el fondo de amortización real vaya pasando gradual y progresivamente de la curva antigua inferior hasta alcanzar la superior obtenida en esta forma.

Error en el que puede incurrirse con el manejo de las amortizaciones al efectuar revalorizaciones.

Puede suceder que si a los inventarios se lleva el sobrevalor asignado por la empresa a su equipo capital, en forma global, para evitarse la complicación de repartirlo entre las distintas máquinas o partes de las instalaciones, se produzca el siguiente error:

Que cuando, por ejemplo, se repone una máquina vieja por otra nueva se suprima, desde luego en el inventario, la cifra correspondiente al costo originario de dicha máquina, pero muchas veces no se cae en la cuenta de que hay que suprimir, en dicho inventario, no sólo su valor inicial de compra en dinero antiguo, sino también la parte correspondiente del aumento de valor global que se llevó en bloque al inventario; o sea, el sobrevalor calculado a dicha máquina como consecuencia de la revalorización que se efectuó.

Al cometer dicho error, queda subsistiendo en el activo un valor correspondiente a una parte del equipo capital desaparecida, resultando *incrementado dicho activo de una manera ficticia.*

Modificaciones en el pasivo de una empresa al efectuarse la revalorización del equipo capital.

Con independencia de consideraciones de orden legal y fiscal, veamos en qué forma lógica debería la empresa modificar su pasivo al efectuarse las revalorizaciones del equipo capital:

Desde el momento en que hemos aumentado el activo al revalorizar la maquinaria, instalaciones, etc., es preciso aumentar igualmente el pasivo. En algunas contabilidades se recurre al artificio de abrir una cuenta provisional; pero yendo al grano, es indudable que hay que aumentar el capital, y, por otra parte, como al desvalorizarse la moneda el costo de reposición del equipo capital ha aumentado, es indudable también que hay que aumentar el fondo de amortización. Por tanto, el aumento del pasivo correspondiente al aumento de activo hay que repartirlo por lo menos entre la cuenta «capital» y la cuenta «fondo de amortización».

OBSERVACIONES GENERALES

Hay dos dificultades principales que hacen que los problemas de las amortizaciones sean muy delicados, a saber:

a) La incógnita del costo en el día de la reposición, de las máquinas o instalaciones nuevas, que han de substituir a las antiguas en las amortizaciones industriales ordinarias, y

b) La incógnita del importe total de las instalaciones futuras en el caso de amortizaciones de caducidad.

Por ello, dichos problemas deben ser objeto de estudios intermedios entre la técnica y la contabilidad, y son de gran importancia para la dirección de la empresa, exigiendo conocimientos variados.

Las variaciones monetarias añaden a la cuestión una indeterminación considerables.

De no entregarse a un estudio extracontable de la amortización, es imposible apreciar la realidad de la gestión de un negocio.

Inventarios y balances permiten comparar el fondo de amortización a las inmovilizaciones. Pero esta comparación es enteramente superficial y no presenta ningún valor si no se conoce perfectamente el inmovilizado y la forma en que ha sido estimado y revalorizado como consecuencia de las variaciones mone-

Aunque el que una empresa tenga en el pasivo un importante fondo de amortización que bajo un examen superficial impresiona favorablemente, eso no es más que un índice, y no es una prueba de que sean suficientes las amortizaciones hechas. Para darse cuenta de si dichas amortizaciones son suficientes, es preciso hacer un estudio detenido y profundo o efectuar comparaciones con empresas del mismo tipo que se hayan estudiado ya.

En una empresa industrial dada, la contabilidad puede no darnos idea exacta del estado de vida y eficiencia de su equipo capital y para saberlo es necesario que por los especialistas correspondientes se haga un examen y estudio concienzudo y detallado (largo y no fácil) de todas las partes, secciones, máquinas, talleres auxiliares, etc., de que conste la instalación industrial de que se trate. Aquí se aprecia claramente la importante misión que los ingenieros especializados pueden tener para sentar las bases reales y verdaderas en los puntos fundamentales y de partida del desenvolvimiento de las contabilidades de las empresas industriales.

El conocimiento de ese estado de vida y productividad del equipo capital de una empresa industrial, principalmente en las que la vida en servicio de sus instalaciones es larga y en aquéllas en las que la relación Ingresos: Inmovilizado en equipo, es baja, es decir, en las que la amortización representa una gran parte del precio de coste, es importantísimo para complementar el juicio sobre la marcha próspera o adversa del negocio fabril, y vital en casos de fraudes contables presuntos o reales. Todo esto se complica en los períodos de inestabilidad del nivel de precios, en los que deben redoblarse los estudios indicados sobre la realidad.

SUGERENCIAS QUE SE DEDUCEN DEL PRESENTE TRABAJO

Las consideraciones expuestas no pretenden ser más que una ligera aportación al estudio de los difíciles y complejos problemas, agudizados en períodos de fluctuaciones del nivel de precios, de las amortizaciones, valoraciones y revalorizaciones industriales. Mejor dicho, una exposición sucinta de algunos aspectos de dichos problemas, tratando de destacarlos con objeto de que se estudien y se trate de irlos resolviendo.

1.ª Una de las principales sugerencias que se deducen de lo expuestos en las observaciones hechas en páginas anteriores sería la conveniencia de intentar conseguir que *el Estado, con su política económica y fiscal, no sólo facilite la formación de los adecuados fondos de renovación del equipo capital,* sino también que no ponga dificultades a la creación de fondos de reserva, previsión y caducidad en los casos procedentes.

2.ª Quizá conviniera también el que se fueran haciendo los estudios a fondo pertinentes, al objeto de facilitar el que por los organismos competentes del Estado se fueran elaborando las normas tendentes a *hacer viable un reajuste o revalorización del activo de las empresas,* aproximándolos a sus valores reales, sobre todo en lo que al equipo capital se refiere, con la debida pru-

dencia y garantías, camino iniciado ya por otros países al encontrarse con problemas análogos. Estas revalorizaciones se basarían no en aumentos de valores obtenidos con carácter de beneficios, sino en los aumentos del nivel de precios o en la depreciación explícita o encubierta de la moneda, *sin ser considerados en este caso como beneficio por el Fisco* a efectos tributarios.

Por el momento, estas dos sugerencias podrían limitarse: la primera, a la conveniencia de solicitar de la Superioridad que se dé la máxima efectividad al apartado 5.º de la Tarifa Tercera de la Contribución de Utilidades en el sentido de permitir se hagan las amortizaciones a base de la depreciación verdadera sobre el valor actualizado del equipo capital, teniendo en cuenta el costo de reposición del mismo.

La segunda sugerencia podría, también de momento, limitarse a solicitar que se dé contenido en nuestra Legislación Tributaria a las revalorizaciones del inmovilizado del activo, siempre que se ajusten al oportuno dictamen pericial sobre su valor real actual, concediéndose la correspondiente exención tributaria en la Tarifa Tercera de Utilidades, y nombrándose una Comisión para que vaya estudiando las posibilidades de estas revalorizaciones y elaborando con la cautela conveniente las normas prudentes para irlas llevando a cabo y que en su día pudieran servir de base a las que por la Superioridad se dictasen.

3.ª Sugerencia: Sobre la conveniencia de que haya ingenieros especializados en valoraciones industriales.

Las valoraciones industriales están todavía en etapa formativa, incluso en Norteamérica, donde ingenieros, contables, economistas y abogados están estudiando continuamente las distintas facetas de este nuevo arte, y publicando de vez en cuando sus puntos de vista en libros y revistas técnicos, habiendo creado allí el Gobierno Comisiones para regular este asunto. Sus Tribunales han resuelto una gran cantidad de litigios sobre estas valoraciones, y se está llegando actualmente a una evolución gradual hacia el desarrollo de principios valorativos fundamentales, equitativos y formulados claramente.

Muchos de sus métodos empleados en los trabajos de valoración y algunos de sus principios fundamentales están todavía sujetos a discusiones.

Los trabajos de las valoraciones industriales comprenden el conocimiento de los principios fundamentales de valoración y costo, vida útil en servicio de la máquina o instalación, características de funcionamiento de los elementos que comprenden dichas modernas instalaciones industriales, etc.

El ingeniero se encuentra con problemas valorativos que se relacionan con toda clase de actividades en las que desarrolla su profesión. Su campo profesional se ha ensanchado en el momento en que las valoraciones industriales han llegado a ser objeto de actividad no sólo por parte de las empresas privadas, sino también incluso por parte de los Organismos del Estado.

En el extranjero se encuentran a menudo casos de grupos de ingenieros que forman una oficina de valoraciones y peritajes industriales, que además de hacer dichas valoraciones despachan consultas sobre estas materias, dedicándose también a lo mismo algunos ingenieros aisladamente, encontrando todos ellos, en dicha actividad profesional, puestos importantes y remuneradores, habiéndose multiplicado las empresas dedicadas enteramente a trabajos de valoración. Con la vida industrial moderna constantemente está aumentando la necesidad de dichos servicios para obtener las valoraciones correctas de las instalaciones industriales y de sus depreciaciones, *sin lo cual ni pueden determinarse los verdaderos precios de costo, ni los beneficios reales, ni las bases fiscales correctas.*

También muchas empresas industriales privadas han organizado sus propios departamentos de valoraciones.

En cuanto a los ingenieros que han de intervenir en las valoraciones industriales, así como para las decisiones de responsabilidad, se requiere el buen juicio y agudeza de aquellos ingenieros ya experimentados en dichas valoraciones; sin embargo, una gran parte de los trabajos materiales minuciosos que a veces se requieren son muy propios para ser realizados por los ingenieros recién salidos de las Escuelas, bajo la dirección adecuada. Asimismo para los ingenieros jóvenes es de gran valor, para su formación profesional, el que se dediquen durante una temporada a estos trabajos de valoraciones.

En Norteamérica es cada vez mayor el número no sólo de oficinas privadas montadas para realizar estos trabajos, sino también de Departamentos Ministeriales y organismos oficiales que tienen sus propias secciones de valoraciones.

Así como existen los actuarios para los cálculos de la mortalidad humana, quizá fuera conveniente el que también aquí algunos ingenieros se especializaran en los estudios relativos a lo que podríamos llamar «mortalidad industrial del equipo capital», confeccionando las correspondientes tablas y curvas de deterioro, de los distintos tipos de máquinas, unidades industriales, instalaciones fabriles, etc., para predecir la vida probable en servicio, y confeccionando también sus tablas de amortizaciones. Dicho grupo especializado de ingenieros podría elaborar normas y métodos para estimar las amortizaciones equitativas del equipo capital, para efectuar valoraciones, cálculos de las depreciaciones y, si procediera, sentar las bases de justas y prudentes revalorizaciones.

4.ª Sugerencia: Relativa a la organización de cursillos o seminarios sobre estos estudios.

Estos problemas de ingeniería, que rozan las cuestiones económicas, no se dan sólo aquí. En el extranjero los hay similares. Sin ir más lejos, en Francia se organizan cursillos complementarios para ingenieros, periódicamente, sobre economía, contabilidad, organización de empresas, etc., y precisamente en estos días se anuncian en Bélgica unas jornadas de estudio, organizadas por el Comité Nacional Belga de Organización Científica, figurando como tema de la primera jornada «El ingeniero y los problemas de contabilidad». También el economista italiano doctor ingeniero Francesco Mauro ha conseguido, a través de la Asociación Nacional de Ingenieros y Arquitectos de Italia, que se den cursillos sobre dichas materias en sus Escuelas de Ingenieros y Arquitectos. Se han dado cursos para directores de empresa de carácter post-universitario, pero accesibles también a los no titulados, que pueden estar a la cabeza de las empresas. El Instituto Politécnico de Milán los ha llevado a cabo con éxito y resultado notable, comprobándose cuánto se hacía sentir dicha laguna.

Temas a discutir por las Secciones del Congreso.

Como consecuencia de lo expuesto en el presente trabajo, se proponen los siguientes temas a discutir por las secciones del Congreso correspondientes:

Para la Sección IX de Enseñanza e Investigación

a) Sobre la conveniencia de que se den cursillos para directores de empresa, de carácter post-universitario, accesibles también a los no titulados, y que podrían ser también de utilidad para ingenieros que estudiaron la carrera por planes de enseñanza antiguos.

b) Sobre la conveniencia de que algunos ingenieros se especializaran en los estudios relativos a lo que podríamos llamar «mortalidad industrial del equipo capital» y elaborasen normas y métodos para estimar el valor de la depreciación actual, las amortizaciones equitativas del equipo capital, efectuar valorizaciones, y, si procediera, sentar las bases de justas y prudentes revalorizaciones.

Para la Sección X de Economía

a) Sobre conveniencia de solicitar de la Superioridad el que se conceda una mayor efectividad al contenido de la vigente Ley de Utilidades en el sentido de permitir se tome como base para las amortizaciones del equipo capital el costo de reposición del mismo, y

b) Que se dé contenido en nuestra Legislación Tributaria a las revalorizaciones del inmovilizado del activo, siempre que se ajusten al dictamen pericial sobre su valor real actual, concediéndose la correspondiente exención tributaria en la Tarifa Tercera de Utilidades, y nombrándose una Comisión para que vaya estudiando las posibilidades de dichas revalorizaciones y elaborando normas prudentes para irlas llevando a cabo y que en su día pudieran servir de base a las que por la Superioridad se dictasen.

LIBROS CONSULTADOS

SPANN.—*Tote und Lebendige Wissenschaft.* 1945.
DEXTER S. KIMBALL.—*Economía Industrial.* 1942.
LEENER.—*Traité des Principes Generaux de l'Organisatión.* 1947.
COLE.—*Chaos and Order in Industry.*
GIULIO ZUNINO.—*Il finanziamento dell'Impresa Manufaturiera.*
ARTIGAS SANZ.—*Discurso de recepción en la Real Academia de Ciencias.*
F. A. HAYECK.—*Preis und Produktión* (E. F. y N., 1949).
HENRY FAYOL.—*Administration Industrielle et generale.*
J. H. BONNEVILLE y L. E. DEWEY.—*Organización y financiación de empresas.*
F. A. HAYECK.—*Preis und Productión.* Leipiz, 1935.
PIETRO FICAI.—*Estimo Rurale, Civile e Catastrale.* 1942.
ALONSO VIGUERA.—*La Ingeniería Industrial Española en el siglo* XIX.
L. QUESNOT.—*Administración Financiera.* Barcelona, 1936.
CH. HANON DE LOUVET.—*Analyse et Discussion des Bilans.* 1940.
MARSHALL.—*The Brinciples of Economica.* Londres, 1920.
FRANCESCO MAURO.—*Teratismi dell'Industria.* 1948.
EDOUARD FOLLIET.—*Le Bilan dans les Societés Anenymes.*
HANS TRUPLER.—*Das Bilanz und Steuerrecht der Aktiengesellschäfte.*
GARAU RIU.—*Las Empresas.* 1942. *El Capitalismo en Crisis.* 1948.

REVISTAS CONSULTADAS

Economics.—Chefs.—Revue d'Economie Politique.—C. N. O. F. Revue Mensuelle de l'Organization.—Factory.— De Economia.— Modern Management.

Abril 1950.

El Sr. Lapuente (D. Ignacio) consume un turno en pro, manifestando que el Fisco ha de orientarse hacia la técnica, ya que la actual Ley de Utilidades es improcedente desde el punto de vista del progreso industrial, en lo que le apoya el Sr. Fernández Ortas indicando que no sólo el progreso industrial se ve detenido por el criterio fiscal o del Estado, sino también por el de la Empresa misma, por lo que propugna intervención más eficaz en la dirección administrativa de la misma.

El Sr. Gallego Díaz manifiesta su conformidad total con el trabajo que se discute y hace constar que el Grupo de Economía del Congreso no debe desconocerlo, por lo que solicita se traslade el trabajo a dicho Grupo.

Por último, el Sr. Presidente, recogiendo el sentir de la reunión, propone, y así se acuerda por unanimidad, lo siguiente:

1.º La satisfacción con que la Sección ha escuchado la lectura del trabajo presentado por el Sr. Mantilla.

2.º El traslado del trabajo al Grupo de Economía por su interés en las deliberaciones que tenga la misma.

Como consecuencia del estudio y aprobación de las sugerencias del trabajo del Sr. Mantilla, se incluyeron en la Sesión Plenaria, entre el resumen de conclusiones hecho para elevar a la Superioridad, las siguientes:

POLITICA FISCAL

El Estado debe favorecer el fomento del ahorro nacional por medio de los "fondos de reserva y amortización" de las empresas, garantía de su progreso y estabilidad.

Conviene se conceda mayor efectividad al contenido de la vigente Legislación de Utilidades, en el sentido de permitir que se hagan las amortizaciones a base de la depreciación verdadera sobre el valor actualizado del equipo capital, la cual ha de fijarse mediante informe que, obligatoriamente, ha de emitir el Técnico Fiscal a quien corresponda.

Seguidamente el Sr. Vighi hace constar que, por dificultades materiales, no ha podido presentar a la Mesa hasta hoy su trabajo que va a leerse. La Asamblea, no obstante, dado el interés del tema, acuerda someterlo a discusión inmediatamente.

El trabajo es el siguiente:

N.° 226. - La enseñanza profesional y técnica en España. La formación de los ingenieros

Autor: D. FRANCISCO VIGHI
Ingeniero Industrial

EL NÚMERO, VARIEDAD Y CALIDAD DE TÍTULOS Y TITULADOS. EL INTRUSISMO

El concepto mostrenco expresado en aquella frase o *slogan* —como ahora se dice— «Más ingenieros y menos doctores o licenciados», ha perdido actualidad y justificación, si alguna vez llegó a tenerlo.

En España hay ahora superproducción de ingenieros, comprendiendo en este nombre a los titulados de grado superior. Está a punto de crearse un problema social y profesional, complicado por la confusión y la clandestinidad tolerada.

El indudable prestigio de un título genérico que consiguieron elevar las Grandes Escuelas del Estado, se aprovecha por los que de ella no proceden, ostentando rótulos genéricamente iguales y específicamente semejantes; títulos muchas veces extranjeros de escuelas oficiales o privadas de segunda o tercera clase, forzando la traducción e interpretación de los diplomas, amparándose en posiciones de ventaja para su propaganda confusionista.

Sin pasar por las Facultades Universitarias correspondientes, nadie puede llamarse en España Doctor o Licenciado, ni aún con adjetivación distinta de las oficiales, aunque hayan seguido sus estudios en prestigiosos establecimientos privados.

El buen éxito y los méritos de algunos profesionales que no han pasado por las duras pruebas y los largos y difíciles estudios de nuestras Escuelas, no puede, lógica ni legítimamente, servir de argumento en contra. A veces grandes autodidactas hechos en el ejercicio profesional, han triunfado *sin pasar por ningún establecimiento* oficial ni particular. La posibilidad del soldado que llega a Mariscal no arguye contra la eficacia de las Academias Militares; ni en su desprestigio. Esto sucede en todas las actividades humanas. Sin embargo, el intrusismo, el usurpar substantiva o adjetivamente un título, un nombre o una profesión reglamentada, se castiga siempre..., siempre que no se trate de nuestros títulos o de nuestras actividades profesionales.

Y aun así podemos tolerar, nadie más que nosotros lo hacemos, la libre concurrencia en el campo de las actividades libres profesionales, en bien de España y para nuestro estímulo; pero no llegar a este abuso actual que lleva al confusionismo a grandes fracasos y a una injusticia, sobre todo en las relaciones con el Estado y las Corporaciones y los Servicios Públicos.

Para las necesidades nacionales, ahora y en un largo futuro, no hacen falta ni más ingenieros, ni más escuelas, ni nuevos títulos o grados.

El problema no es de número, sino de calidad y orientación; no de aumento de escuelas, sino de mejora de las actuales.

LA ESPECIALIZACIÓN

Los continuos descubrimientos, las nuevas aplicaciones y la creciente importancia de algunas de las partes o sectores de la Ciencia y de las técnicas que en ella se apoyan, conduce lógicamente a intensificar algunas disciplinas o estudios a ellas correspondientes, esto es, a la especialización.

De la especialización se ha hablado con mucha ligereza, equivocando síntomas, ignorando los actuales experimentos y orientaciones, forzando el principio, ya clásico, de la *distribución del trabajo*, dejándose influir por un vulgo de preopinantes superficiales.

«La especialización a ultranza —han dicho en su prensa los ingenieros anglo-americanos— es un desacierto. Podrá bastar para jefes de sección, para *técnicos auxiliares* o subalternos, pero no para *directores*, que sin formación técnica amplia y base cultural suficiente nunca tendrán el sentido de relación y unidad. Todo esto se traduce en falta de autoridad moral sobre los factores humanos que intervienen en la producción, desde el accionista al aprendiz. En fin, adolecen de falta de profundidad hasta en su propia especialización.»

Desde Goethe a Ortega y Gasset, la *barbarie* de la especialización a *priori* se ha traducido en severas críticas, las mismas que hoy informan a los ingenieros y científicos más prestigiosos, así como a los grandes economistas y capitanes de empresa.

La dirección de las grandes empresas, los directores o jefes más aceptados y acreditados proceden casi siempre de las grandes escuelas de tipo enciclopédico. Las especializaciones se hacen a *posteriori* apoyándose en aquella extensa y firme base de cultura técnica general con rigurosa selección del alumnado. Así las Politécnicas de París, Milán, Zurich; todas las grandes escuelas

alemanas —con título único para sus graduados—, la Imperial de Berlín, las escuelas de Daretad, la acreditadísima Central de París (Arts et Manufactures), etc., etc.

Téngase en cuenta que las Escuelas Especiales son de este tipo y que nuestros títulos son o deben ser los únicos que habiliten y preparan para la dirección de las grandes empresas.

Sin atomizar más la enseñanza superior, sin seccionar los ya prestigiados títulos o diplomas, *pueden y deben* fomentarse las especializaciones, bien en Institutos Superiores complementarios, o bien intensificando alguna o algunas de las secciones o grupos de enseñanzas en las actuales escuelas para los que quieran especializarse en determinada técnica.

Un Instituto Superior de Electrónica y experimentos al que pueden concurrir los ya titulados o los que acrediten suficiente preparación. Otro de Optica aplicada; el Instituto del Carbón, en Oviedo, el Geológico. Otro de agricultura colonial. De Urbanismo —ya existió la Escuela de Ingeniería Sanitaria—. El de experimentos cinematográficos —ya establecido en la E. C. I. I.—. Los que ya existen y los que parezca oportuno o eficaz crear serán los que cumplan esos fines formando verdaderos especialistas.

En la Medicina esa es la estructuración. Facultades de gran base enciclopédica médica, título único y especializaciones a *posteriori* en Instituciones o Institutos apropiados: Instituto Oftalmológico, Psiquiátrico, del Cáncer, Cirugía en sus ramas, etc.

En España, y en la Escuela de I. I. de Barcelona y hasta el año 1906, estuvo seccionada la enseñanza en sus especializaciones. Hoy, según la nueva organización reglamentada, en lugar de esas tajantes especializaciones, y después de otros cuarenta años de enseñanza única, se ha adoptado un sistema mixto del que se esperan buenos resultados.

Preparación científica uniforme para el ingreso, dos años de formación técnica común, tres de intensificación en la especialidad escogida por el alumno, un curso final de conjunto también común a las tres secciones.

A pesar de que el plan hoy estudiado ha merecido grandes elogios, creemos de más eficacia el sistema de la especialización después del fin de carrera, conservando los títulos académicos de las actuales especialidades, aunque puedan expedirse diplomas o certificados de los estudios complementarios o especializados.

En esas especializaciones, en la formación complementaria y en la alta función investigadora, sería muy conveniente la ayuda y colaboración y el aprovechamiento de los elementos valiosos con que cuenta el Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Concretando: La especialización en aquellas materias que se crea conveniente establecer debe ser una intensificación a fin de carrera en que actualmente se estudia, bien organizando cursos especiales de la misma, bien organizando institutos superiores de especialización y de investigación que ya estén establecidas.

LA ENSEÑANZA PRÁCTICA

Nadie puede negar que en nuestras carreras más que en otra alguna la formación del titulado exige un complemento de ejercicios y enseñanzas prácticas. La firme y extensa base cultural y científica en que se apoyan y el profundo conocimiento teórico de sus especialidades de nada serviría si no se supiera aplicarlas por falta de ejercicio práctico. Nuestras actividades suelen ser más prácticas que especulativas.

Pero también en esto hay confusión y exageración sin que tampoco falte para expresarlo su correspondiente tópico o muletilla: «Más práctica y menos teoría». No creemos excesiva la teoría ni las que hoy allí se estudian sean precisamente las más indicadas para nuestros fines. Todo debe revisarse con frecuencia y rectificar si es preciso, tanto el valor eficaz de las propias teorías como la atención y el trabajo y el tiempo que supone el estudiarlas con extensión desproporcionada.

En cambio, la práctica en la enseñanza de las profesiones técnicas se proclama con ostentosa unanimidad. Pero ¿qué se entiende aquí por práctica? ¿Es que las prácticas que han de hacerse por el ingeniero han de ser todas y las mismas que saben y ejecutan ayudantes, auxiliares, maestros y obreros que a sus órdenes trabajan en actividades y oficios variados y distintos? Cada hombre tiene una función y un oficio; el que manda o rige un conjunto no es posible que sepa ejecutar todos y cada uno de ellos.

Porque es muy frecuente que se llamen *prácticas* a los *trabajos manuales* exclusivamente; todo lo demás se considera inútil y despreciable teoría.

Para los que así hablan, un ingeniero debía hacer aprendizaje en todos los oficios; gastar su precioso tiempo en tornear, fresar, ajustar, trazar, limar, moldear, fundir, etc., etc., pues para la gran industria las prácticas se multiplicarían con el número de secciones. Un arquitecto tendría que haber trabajado como aprendiz de cantero, albañil, pintor, cerrajero, carpintero, etc.

¡No! Las prácticas en la enseñanza de los ingenieros no son las mismas que las de los ayudantes, ni entre éstos tampoco pueden ser las mismas que las de grado inferior; ni las de los obreros de distintas categorías, maestros y oficiales.

Debe darse más importancia y más elementos a las prácticas para alcanzar los grados facultativos proporcionando los medios necesarios. Estos elementos son los laboratorios, los gabinetes de ensayo y de pruebas, los modelos, las instalaciones de trabajo, máquinas, muestrarios, bibliografías, colecciones de catálogos, etc.

Y las prácticas deben ser el planteamiento y desarrollo de ante-proyectos y proyectos; los trabajos de campo y de laboratorio —análisis, ensayos, medidas, comprobaciones—, la redacción de informes y estudios, las visitas, permanencias y agregaciones a explotaciones mineras, industriales, agrícolas, a las grandes obras, etcétera, etc. Estas son nuestras prácticas y un período mínimo de agregación forzosa antes de recibir el título.

Nos atrevemos a referir aquí, sin hacer comentarios, el hecho de que los alumnos de una Escuela de Ingenieros, además de sus matrículas caras y derechos de prácticas crecientes, tienen que pagar de su bolsillo los viajes de prácticas por España, organizando rifas, funciones de teatro y otros espectáculos para recaudar fondos con el fin de visitar las instalaciones más importantes y cuyo conocimiento es para ellos imprescindible.

El Estado debe obligar a sus organismos, a las empresas de servicios públicos y a las grandes compañías a admitir en período de prácticas y por tiempo limitado a uno o dos alumnos de fin de carrera.

LA MATEMÁTICA EN LA ENSEÑANZA TÉCNICA

El título académico y facultativo de ingeniero expedido por las grandes Escuelas del Estado, no sólo es el que capacita para las categorías superiores del trabajo en las empresas y explota-

ciones particulares, sino que su posesión es indispensable para formar en los distintos Cuerpos y escalafones del Estado y las Corporaciones que se componen exclusivamente de sus titulados.

Por su categoría y prestigio, así como por lo extenso y riguroso de sus disciplinas, nuestros títulos corresponden a los otorgados por las grandes escuelas mundiales —el Herr Doctor Alemán, el Politécnico, el Central, etc.—, aunque nuestra economía técnica —por causas ajenas a la enseñanza— no esté a la altura de los países de tradición y posibilidades industriales.

El nombre genérico de ingeniero se prodiga en muchos establecimientos extranjeros de menor grado y categoría, cuya formación no es superior a la de ayudantes, auxiliares, peritos y aparejadores españoles. Pero el rótulo genérico no basta y allí se jerarquiza por el nombre completo y más aún por la escuela de procedencia.

Definido así nuestro nombre y nuestra función y categoría, se puede ya afirmar que quien no conozca con *cierta profundidad y maneje con perfección la matemática —su herramienta— no merece llamarse ingeniero.*

No se trata ahora de ese fino juego del pensamiento científico; la matemática no es para nosotros fin, sino medio: no ha de ser ciencia pura y abstracta exclusivamente, ni se trata tampoco de mezclarla con una especial pedagogía para fines de la enseñanza, ni la utilizamos para otras aplicaciones que no sean las relativamente estrictas de la técnica. Todo eso es propio de las Facultades de Ciencias; de allí salen los matemáticos y los profesores de matemáticas.

Si alguna vez de la Escuela de Ingenieros o Arquitectura surgen prestigiosos nombres en estas ciencias, esto no puede llevarnos a una consecuencia peyorativa, ni induce a rebajar la finura de la herramienta indispensable.

Fácilmente se explica que algunos ingenieros o algunos alumnos, al ponerse en contacto continuado con la matemática —necesaria para sus trabajos profesionales, la preparación o la carrera— descubran en ellos curiosidad, afición o aptitud para la ciencia de máxima altura y rigor científicos.

Así, don Francisco de P. Rojas, don José Echegaray, don Augusto Krahe, Elizalde, Castell, Terradas, Puig Adam, Bachiller, Mataix, Toran, Peña, Gallego, etc., no pueden dar pretexto, como alguna vez ha sucedido, para criticar eso que llaman algunos el exceso de matemáticas en las Escuelas de Ingeniería.

Hoy, los adelantos y las nuevas técnicas exigen *aún mayor* preparación matemática. Recuérdense los recientes cursillos y conferencias de prestigiosos ingenieros y profesores extranjeros y nacionales celebradas en Madrid sobre interconexión de redes, mecánica elástica, transportes, física nuclear, aplicaciones de la química, estadística matemática, etc., etc.

Por tanto, no deben rebajarse —¡al contrario!— los conocimientos matemáticos indispensables para el ingreso en nuestras escuelas de alto grado.

Sin perjuicio de lo que digamos en su momento acerca de la proyectada Escuela General Preparatoria, *mientras la selección para el ingreso se haga particularmente en cada escuela, deben revisarse los procedimientos y pruebas de selección, pero sin mengua de la preparación matemática que con otros conocimientos científicos propios para cada especialidad ha de ser la base en la formación del ingeniero y la herramienta en su oficio y ejercicio.*

No se olvide tampoco que ese ejercicio de la lógica matemática, raciocinio puro, desarrolla ciertas facultades intelectuales y morales; útiles siempre y más a los que están llamados a ejercer funciones de dirección y responsabilidad.

LA CULTURA GENERAL

En todo el mundo es indispensable haberse graduado en la Enseñanza Media para ingresar en las disciplinas universitarias o facultativas superiores.

La posesión del título de bachiller supone una garantía de mínima cultura, indispensable para seguir cualquier carrera y para ejercerla. Hoy, el bachillerato español supone aún mayor capacitación.

El ingeniero y el arquitecto deben ser dueños de un bagaje importante de cultura general. Para su formación técnica y su función específica le es muy conveniente. Para su misión social y humana le *es indispensable.*

Repetimos aquí lo que ya se dijo al hablar de las especializaciones *a priori*, el jefe inculto no es respetado ni oído. No vamos a repetir los argumentos de la pedagogía elemental.

En cierto tiempo se dispensó del paso por el bachillerato a ciertos aspirantes a ingreso; la razón (¡?) era que *tampoco se les exigía pasar por las duras pruebas de la matemática* (?!). Pocos de ellos terminaron la carrera, y los que llegaron no todos hicieron o hacen papel airoso en sus actividades y en su relación con el trabajo y la sociedad. No es así cómo se acreditan los rótulos, las instituciones de enseñanza y los cuerpos facultativos.

Sean los que fueren los planes futuros de la enseñanza y las facilidades que se den a los superdotados sin medios económicos, nadie *debe entrar en la enseñanza superior si no es bachiller por lo menos.*

Las pruebas de Cultura General, que además del título de bachiller se exigen en *la mayor parte* de las Escuelas de Ingenieros del Estado, *deben extenderse a aquéllas que aún no la tengan establecido.*

EL ACCESO DE LAS CLASES MODESTAS A LA ENSEÑANZA SUPERIOR

Hay dos modos de alcanzar una cosa alta; que la bajen al alcance de nuestra mano o que nos suban a la altura en que está colocada.

Facilitar el acceso de las clases económicamente modestas a la enseñanza superior —Universitaria o Facultativa— puede hacerse también de dos maneras como en el símil expuesto.

Si un *superdotado* no tiene medios económicos para costear unos estudios y alcanzar un título, es el Estado, los Ayuntamientos, las Diputaciones o las grandes empresas donde trabaja el beneficiario o quien sea... los que han de facilitar esos medios necesarios y suficientes, ya que esos medios son lo único que le falta al que por sus condiciones y méritos tiene tan legítimas aspiraciones.

El otro procedimiento, es decir, el rebajar la altura del objeto deseado, se traduciría para nuestro caso en la reducción o dis-

pensa de pruebas; la extensión o la profundidad de *los conocimientos*, echando por tierra todo lo que se ha hecho y dicho respecto a la formación cultural, científica y técnica de los que han de dirigir la economía nacional.

No es necesario demostrar lo injusto, inconveniente y desmoralizador *que supone* adoptar este procedimiento.

En cuanto al primero, responde a un sentido cristiano, humano y de justicia. Si lo único que falta al aspirante son medios económicos, esto y no otra cosa es lo que hay que darle para alcanzar lo que merece.

Así lo entiende el Ministerio de Educación con su política de becas, internados, pensiones, exenciones de matrícula, derechos, etcétera, que deberá intensificarse hasta los límites de las posibilidades del Estado, y esto no sólo en la enseñanza técnica, pues parece como si a las clases medias y a las más modestas no las interesase nunca ser doctores o licenciados, militares o marinos de academia, únicamente ingenieros o arquitectos.

Un gran número de hombres que viven, triunfan en sus profesiones liberales, han conseguido el título a fuerza de sacrificios sin jamás aspirar a que por ello se rebajaría la intensidad o extensión de los estudios.

Si ese descenso de nivel alcanzase a todos los aspirantes a ingreso o a los alumnos ya ingresados, se resentiría la enseñanza y el prestigio de la carrera, y a la larga el perjuicio alcanzaría a la economía y a la sociedad.

Si esa reducción de conocimientos y capacitación se hace únicamente en beneficio del protegido, se cometería una desigualdad y una injusticia. Caeríamos en la paradoja de que, el antes no privilegiado, gozaría ahora de un nuevo y singular privilegio. El mismo título supondría distintas categorías de formación y capacidad profesional. Habiendo acabado con un privilegio crearíamos otro de más graves consecuencias.

Concretando: Se debe facilitar el acceso de las clases no pudientes a la enseñanza superior facilitando medios económicos, extendiendo la política de becas, pensiones, dispensas de matrículas, etc., pero nunca reducir la extensión e intensidad de los conocimientos ni el rigor de las pruebas.

INTEGRACIÓN DE TODAS LAS ENSEÑANZAS EN EL MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL

También hay dos criterios opuestos en cuanto al Departamento ministerial, que debe regir la enseñanza técnica superior. Hasta hace pocos años, la enseñanza de la agricultura en todos sus grados correspondía al Ministerio de Agricultura; la forestal, a la Dirección de Montes; las Escuelas de Minas e Industrias pertenecieron sucesivamente a los Ministerios de Fomento, Industria y Trabajo e Instrucción Pública o Educación Nacional; estas últimas —las de Ingenieros Industriales— han cambiado varias veces de jurisdicción. La de Caminos ha vuelto al Ministerio de Obras Públicas, sin relación alguna con el de Educación. Del Ministerio del Aire y el de Marina han pasado a Educación las Escuelas de Ingenieros Aeronáuticos e Ingenieros Navales. Continúa en la Dirección de Correos y Telégrafos la nueva Escuela de Telecomunicación.

No es preciso argumentar sobre la conveniencia de relacionar, uniformando en lo posible, la Enseñanza Superior. Académica y Facultativa —convendría también discriminar estos adjetivos—. Para esta ordenación unificada, debemos considerar que una Escuela Oficial de Ingenieros es *otra más*, entre las Instituciones de Enseñanza Superior. El Ministerio de Educación, la Dirección General de Enseñanza Técnica y Profesional —o la de Universidades— parecen ser los indicados para regirlas e integrarlas. Como expresan sus nombres sucesivos: Ministerio de Instrucción Pública hoy, Ministerio de Educación Nacional, allí está, o debe estar, la enseñanza en todos sus grados y variedades, salvo —por su especial misión— las instituciones que forman directamente oficiales para los tres ejércitos.

Según otro criterio, el mismo que informó la antigua organización que hoy perdura en la de Caminos y en la de Telecomunicación, las Escuelas Especiales deben ser regidas, orientadas por aquellos departamentos relacionados con sus técnicas, que además nutren sus escalafones con los graduados de la especialidad, sin que *Educación Nacional* ejerza jurisdicción alguna sobre ellos.

Si en esas escuelas formasen *exclusivamente* funcionarios de tal o cual rama de la administración, podríamos hasta cierto punto admitir tal solución; no siendo así, es incomprensible que no sea siempre el Ministerio de Educación el que otorgue títulos académicos y de capacitación para el trabajo libre.

Es más extraño aún, por ilógico, que mientras, por ejemplo, la Escuela de Montes, cuyos graduados en un 98 % sirven a la administración en la Dirección de Montes, está regida totalmente por Educación Nacional; la de Caminos sea un organismo exclusivo de Obras Públicas, en cuya burocracia está adscrito un porcentaje mucho menor de los que salen de la Escuela.

Pero, en fin, sin tomar partido sobre la eficacia o conveniencia de adoptar una u otra solución, lo que sí nos parece inadmisible es aceptar soluciones opuestas en casos iguales.

La excepción injustificada en el cumplimiento de las normas generales supone para el exceptuado preterición o privilegio.

Creemos aprovechables algunos argumentos de los que proponen el retorno de las Escuelas de Ingenieros a su antiguos departamentos ministeriales junto a los cuerpos facultativos correspondientes.

Uno de ellos es que nadie mejor que esos sectores y los técnicos que a ellos pertenecen pueden orientar y vigilar las disciplinas de la especialidad para su mayor eficacia y rendimiento. Ni nadie puede ofrecer más y mejores medios de trabajo y enseñanza. Así las Estaciones vitícolas de experimentación, las Granjas Agrícolas, el Instituto Geológico, el de Investigaciones Forestales, el Nacional de Industria, los Astilleros y Arsenales, los laboratorios de Ensayos, etc., etc., y lo mismo puede decirse de los consejos, comités y comisiones permanentes de carácter asesor o consultivo.

Pues bien, nada impide que puedan aprovecharse estos elementos, ni nadie se opone —lo suponemos así— a que representaciones de otros Ministerios y de los cuerpos facultativos intervengan e influyan más en los patronatos o juntas que rigen nuestras Escuelas: patronatos en los que tampoco deben faltar en proporción justa representaciones de la economía privada. Ya existe algo de esto en muchas Escuelas, pero la organización y el funcionamiento dejan todavía mucho que desear.

Otras razones —más o menos confesadas— de los que propugnan la vuelta a otros Ministerios son:

1.º Que en ellos se defiende con más atención el prestigio, los derechos y los intereses de las Escuelas y sus graduados. En cambio, en Educación Nacional apenas influyen los organismos de la Enseñanza Técnico facultativa, ni el profesorado de las Escuelas Especiales. Toda la atención va en beneficio de Universidades y organismos superiores para los que nunca faltan espléndidas dotaciones *y en cuyo honor y provecho no deja de funcionar el altavoz de los elogios.*

2.º Si a los Peritos Agrónomos, los Capataces Facultativos de Minas, los Ayudantes de Obras Públicas, etc., se forman, como es lógico, bajo la dirección de los respectivos Ingenieros, con los que más tarde han de trabajar, y la enseñanza de sus especiales disciplinas se reserva exclusivamente a los titulados en los grados distintos de sus especialidades, se explica, porque así se legisló, cuando estas enseñanzas pertenecían a otros Ministerios.

En cambio, en la enseñanza de Peritos Industriales, que casi siempre perteneció a Instrucción Pública, interviene un profesorado heterogéneo, sin la exclusividad que se otorga en las otras ramas antes citadas, apartándose aquí de la orientación general.

Y aquí vuelve a manifestarse el doble criterio y la misma disyuntiva. O todos los que valgan y lo merezcan y ostenten un título, sea el que sea, pueden formar en los escalafones del profesorado en cualquier escuela y grados o que sean los Ingenieros y Peritos mecánicos, químicos o electricistas los que preparen y formen a sus futuros compañeros como se hace en las otras carreras auxiliares.

Abril 1950.

Sobre este trabajo se abre discusión, y el Sr. Gállego Díaz consume un turno en contra, basándose en los siguientes conceptos:

1.º Que los enunciados de los problemas matemáticos que se someten a resolución en los exámenes de las Escuelas para ingreso en las mismas, expresen conceptos de Matemática pura y que sean, al mismo tiempo, originales.

2.º Que se dé publicidad a la puntuación obtenida por la totalidad de los alumnos examinados.

3.º Que se dé también publicidad al autor del problema propuesto, y que de la misma derive la correspondiente responsabilidad.

4.º Que se aumente de manera efectiva el número de becas para facilitar la Enseñanza Técnica superior a clases económicamente débiles.

Interviene a continuación en el debate el Rvdo. Padre Mariño, quien indica no estar conforme con lo propuesto por el señor Vighi sobre las especializaciones realizadas por el Estado, ya que ello puede acarrear el inconveniente de no tener utilidad el Ingeniero especializado en la industria nacional. Por ello estima que la especialización deben realizarla las mismas Empresas industriales con los técnicos que en ellan trabajan; hecho que es realidad desde hace algún tiempo.

De acuerdo con el autor del trabajo sobre la importancia que la Matemática tiene en la preparación del Ingeniero, no lo está en la forma de comprobarla en los exámenes de ingreso en las Escuelas Especiales, y estima que es verdadera deformación de la matemática el sistema de problemas base de aquélla. Dice que como, en realidad, la Ingeniería es Física aplicada, el sistema selectivo no debe basarse en la Matemática pura, sino en la Física.

Tampoco está conforme con el concepto expuesto por el Sr. Vighi, sobre las prácticas que deben realizar los futuros Ingenieros, y estiman que dichas prácticas son esencialísimas.

Por último, tampoco está conforme con las manifestaciones del Sr. Ponente sobre el número de Ingenieros existentes en España y que aquél considera suficiente, y que él, por el contrario, propone se aumenten.

Interviene a continuación el Sr. Aguilar, Ingeniero Director de la Escuela de Caminos, para preguntar el porqué de que en el extracto publicado del trabajo del Sr. Vighi, figure la palabra ética al criticar el que la Escuela de Ingenieros de Caminos, entre otras, no dependa del Ministerio de Educación Nacional. Dadas las oportunas explicaciones por el Sr. Vighi, la Asamblea acuerda que se suprima dicha palabra.

Después de otras intervenciones del Sr. Garre y del Sr. Mendizábal y de la contestación del autor del trabajo, se da por terminada la discusión del mismo.

A continuación se concede la palabra al Sr. Colino, quien hace constar que el origen de su trabajo se debe a las indicaciones que le hizo D. Esteban Terradas pocos días antes de su muerte. Seguidamente da lectura al mismo, que a continuación se reproduce:

N.º 94 - Teoría de los servomecanismos

Autor: D. ANTONIO COLINO LÓPEZ
Ingeniero Industrial

PRÓLOGO POR † ESTEBAN TERRADAS

I

Los adelantos del servicio de puntería en Balística artillera fueron tan extraordinarios durante la pasada contienda, que no sólo originaron muy importantes innovaciones en el Arte de la Guerra, sino también insospechadas ampliaciones en el de la Automática, de inmediata utilidad en todas las ramas de la Ingeniería.

Los torpedos y demás proyectiles dirigidos; las espoletas de explosión automática a una distancia determinada del blanco; los bombardeos de precisión; el juego de piezas montadas en aviones sobre otros aviones cuyas velocidades exceden la del sonido; el alcance de grandes distancias, etc., etc., han planteado tal cúmulo de problemas y exigido soluciones aceptables en tan gran escala, que ha sido posible constituir un cuerpo de doctrina, cuyas enseñanzas han de ser en lo sucesivo patrimonio ineludible de todo técnico contemporáneo, cualesquiera que fueren sus tareas de paz.

Ello ha sido facilitado por concurrencia de tres circunstancias favorables: los progresos de la técnica electrónica en las comunicaciones, la precisión de órganos de gobierno y el empleo de herramientas de cálculo y gráficos que permiten resolver cómodamente en el proyecto y durante las pruebas intrincadas cuestiones de adaptación y estabilidad.

II

El problema fundamental, reducido a sus elementos esenciales, consiste en la corrección de una discrepancia entre dos magnitudes, llevadas a cabo por una fuente de energía adecuadamente dispuesta.

Son elementos esenciales en el enunciado:

1.º *La naturaleza de cada una de las magnitudes cuya discrepancia variable se pretende alterar según condiciones señaladas de antemano. Pueden ser fija una y otra variable; variables las dos, según leyes semidefinidas más o menos dependientes; función una de elementos aleatorios diversos de los que intervienen en la otra, etc.*

2.º *Cómo altera la discrepancia al obrar la energía que entra en juego precisamente por razón de aquella discrepancia. Al través de órganos electromagnéticos de maniobra, la actuación de la energía puede introducir fuerzas proporcionales a la amplitud de la discrepancia o a una función menos sencilla de la misma, a sus variaciones con el tiempo, a sus valores globales en determinados intervalos, etc.*

En el anteproyecto, así como en la construcción, intervienen elementos de juicio y de conocimiento propios de cada problema y de cada aplicación concreta, su posesión es consecuencia del propio ingenio y de la práctica en el desarrollo de la tarea. No todo es empírico, y precisamente lo que tenga de racional y sintético es lo que debe ser objeto de aprendizaje general.

Uno de los más caracterizados elementos de juicio es el que atañe a las oscilaciones, que se requieren siempre pequeñas y amortiguadas. Aun cuando, en generalidad de casos, la pequeñez de la corrección y la estabilidad asegurada de antemano justifican la aproximación del proceso lineal, no siempre es suficiente el criterio de estabilidad deducido de las oscilaciones de primer orden y el progreso de la Mecánica industrial aborda ya las vías abiertas por ilustres matemáticos a comienzos de este siglo al explorar problemas de Mecánica celeste y de estabilidad de órbitas, justificando una vez más aquella frase de lord Kelvin: "No hay arma matemática que no pueda ser útil a un ingeniero."

III

A finales del siglo pasado, un electricista solitario, dado a estudios sistemáticos del campo electromagnético, publicó varias memorias sobre régimen variable de la corriente en circuitos lineales. De las memorias pasó a los textos, y en mi generación influyeron los publicados por "The Electrician" en 1885. Aun reconociendo las ventajas de los nuevos métodos de cálculo simbólico preconizados por Heaviside, hubieron de pasar algunas decenas de años para que se advirtiera lo genuinamente práctico de sus procedimientos empleados sin demostración que justificara su empleo en circunstancias determinadas; fueron los años de grandes progresos en el conocimiento y dominio de la

descarga eléctrica a través de gases enrarecidos, y de la posibilidad de lograr características singulares de nuevos órganos generadores de potencial y corriente eléctrica.

El estudio y construcción de extensos circuitos de potencia y de telecomunicación permitió no sólo explicar singularidades de la práctica, sino prever hechos nuevos, comprobarlos sacando de ellos todo el partido posible y creando una técnica cuidada y progresiva que ha venido a alcanzar un desarrollo prodigioso.

El método de Heaviside ofrece algo más que economía de cálculo. Las nociones de impulso y réplica, o sea, del modo cómo un sistema reacciona al ser aplicada una señal electromagnética, se encuentran claramente formuladas en sus trabajos. En el planteo del problema y en el tránsito de la forma diferencial a la algebraica se halla intrínseco el examen de la estabilidad, que queda reducida en los problemas lineales a exigir que todas las raíces de la característica tengan la parte real negativa o nula, problema clásico de Algebra, para cuya solución existen diversas reglas.

El método de Heaviside permite la aplicación de una de las más elementales al examinar los ceros y polos de una función racional en el plano de la nueva variable compleja p *que substituye al tiempo* t *en la transformada de Laplace* (1820).

El descubrimiento de que el método de Heaviside se reducía a operar con las transformadas justificó el proceso de cálculo con tal de poder pasar de la transformada a la primitiva, lo que resuelve la integral compleja de Riemann (1876).

Se recordará que la integral de Laplace fué empleada anteriormente por Abel, y que numerosos ingenieros matemáticos hicieron uso de la misma mucho antes de que se demostrara lo eminentemente práctico de su empleo como fundamento de cálculo simbólico. Ello justifica la necesidad de que el pensamiento humano proceda según las líneas de su más noble ejecutoria, la de la especulación abstracta; más tarde o más temprano se recoge su luz para alumbrar los senderos de la investigación menos especulativa.

IV

La nueva doctrina introduce nombres diversos; la mayor parte proceden de las lenguas inglesa y alemana. Se insistirá en este prólogo sobre algunas voces de la técnica inglesa con el fin de lograr la mayor uniformidad en el lenguaje traducido. La bibliografía es ya tan abundante, y cada autor nombra los conceptos tan a su modo, que no es raro que un mismo vocablo se emplee para designar funciones distintas, según sean los tratadistas y los años en que fueron publicados sus trabajos.

Discrepancia traduce "error"; "transducer" se podría llamar transportador, significa lo que transforma la discrepancia en elemento capaz de provocar adecuadamente la actuación de la energía que habrá de modificarla directa o indirectamente (v. g.: por retroacción, "feedback, traducido por realimentación en el texto que sigue).

Impulso permanente unitario será la señal definida por un valor de la amplitud para $t < o$ *e igual a* 1 *para* $t \geqslant o$. *Impulso momentáneo unitario será definido por la función* δ_α, *que es nula para* $t \neq t_o$, *y para* $t \to t_o$ *su valor depende de un parámetro* α, *de modo que para* $\alpha \to o$ *se verifica:*

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \delta_\alpha (t - t_0)\, dt = 1$$

El impulso momentáneo unitario como señal a través del sistema da lugar como réplica a la función dominante: W (t) (*Weighing function*) ($W = o$ *para* $t < o$).

Mediante W (t), *la réplica* E_r *a un impulso o señal* E_i (t) *se obtiene por regla de composición* (*«convolution»*, faltung).

$$E_r(t) = \int_0^t E_i(\tau)\, W(t - \tau)\, d\tau$$

Algunos autores llaman transfer *a la transformada de Laplace de* W (t):

$$G(p) = L(W(t)) = \int_0^\infty W(t)\, e^{-pt}\, dt,$$

siendo la variable p *compleja. Es precisamente lo que permite el tránsito de la forma diferencial con la variable* t *a la forma algebraica con* p, *pues al transformar las derivadas aparecen multiplicadas por* p. *Esta variable es susceptible de interpretación, en su parte imaginaria pura, como frecuencia armónica de las soluciones periódicas.*

La G (p) *del plano complejo* p *permite examinar la estabilidad del sistema automático, aunque por lo general no se refiere la estabilidad a* G (p), *sino a* G_1 (p), *definida no por el cociente de transformadas de efecto y señal, sino por cociente de transformadas de efecto y discordancia.*

Es evidente que

$$G(p) = \frac{G_1(p)}{1 + G_1(p)}$$

y la existencia de ceros en el denominador es lo que destruye la estabilidad; de donde el criterio de Nyquist de las vueltas de la compleja G_1 (p) *como función de* p *alrededor del punto* — 1 *número de vueltas que ha de ser cero, suponiendo que la parte* R' (p — 1) *no tiene polo ninguno (sistemas mínimos).*

En proyectos recientes de sistemas automáticos el modelo lineal de constantes predeterminadas es insuficiente y diversos estudios plantean problemas más generales con parámetros y circuitos variables.

V

En toda exposición doctrinal de los fundamentos de una técnica es preciso dotar al proyectista de cuantas facilidades puedan contribuir al conocimiento de las condiciones óptimas de servicio del sistema que trata de coordinar.

Para ello hace falta:

1.º *Disponer de todos los datos de catálogo en sus más recientes productos; verbigracia: características de sincronizadores, repetidores, amplificadores, "relés", tubos de varios electrodos, circuitos simples y múltiples, semiconductores de germanio (en in-*

glés, termistors), capacidades, resistencias, inducciones, potenciómetros, sistemas compuestos (amplidinas), amortiguamientos, engranajes con sus huelgos, esquemas y cifras de mérito.

2.º *Poder situar los elementos por sus datos en diagramas suficientemente claros y precisos para que el trabajo de tanteo para hacer las disposiciones óptimas sea lo más expedito y sencillo posible y aparezca evidente de un modo eficaz y rápido. No puede designarse un tipo de diagrama óptimo para todos los usos, pero son muy empleados los que en ordenadas representan los logaritmos de la ampliación (efecto: señal) y en abscisas las fases, tomadas ambas como funciones de la frecuencia harmónica de excitación. Muchas curvas se prestan a representaciones simplificadas asintóticas. En los diagramas figuran haces de curvas definidas por una propiedad definida; verbigracia: por ser el factor de amplificación de amplitudes constante, lo que facilita el corrimiento y situación de las curvas de tanteo que se pretende fijar.*

VI

Diversos sistemas electromecánicos de captación automática y señales están sujetos a la variación aleatoria de datos que obligan a un estudio estadístico de posibilidades: tales son, por ejemplo, los movimientos en cierto modo arbitrarios del blanco, las reflexiones irregulares del haz electromagnético, los ruidos de fondo, las modulaciones singulares espúreas y, en general, toda fluctuación de la señal divagante ("fading"). A esta clase de fenómenos ha dedicado su atención un sector de eminentes matemáticos, introduciendo nuevos conceptos que permiten el examen de realidades carentes de determinismo y, por lo tanto, al parecer, más allá de lo que cabe esperar de un mecanismo o sistema obediente a una ley establecida con anterioridad.

El servo es, en tales casos, bastante más que un simple siervo, *puesto que no solamente se le exige el* obedecer o seguir (follow-up), *sino que, en cierto modo, se le atribuye y confía una cualidad semiespiritual, como la* memoria *o como el* conocimiento *de la resolución más conveniente. Estos nuevos* sistemas, *cada vez más conocidos y empleados en la Técnica, tienden no sólo a ahorrar trabajo inteligente del hombre, sino a hacer posibles determinados resultados de cálculo y de observación que exigirían condiciones tan desusadas, como para ser excluída* a priori *la posibilidad de su realización.*

Esta novísima rama de la Automática viene a ser el complemento moderno de aquella Automática clásica en que tanto se distinguió el eminente ingeniero español don Leonardo Torres Quevedo, inventor del telekino, del ajedrecista, de multitud de máquinas de resolver ecuaciones, de un sinfín de ingeniosísimos mecanismos y órganos maquinales que cimentaron su fama de hombre dotado de geniales aptitules para la Automática. Su nombre debe figurar en lugar relevante en todo libro escrito en el idioma de su patria y en el que se examinen cuestiones relacionadas con la parte de la Mecánica que cultivó con tanto afán como éxito.

VII

Estaba reservado al muy distinguido ingeniero de la Marconi, profesor en la Escuela Especial de Ingenieros Industriales de Madrid, escribir el primer libro fundamental sobre la teoría de los servomecanismos que vea la luz en idioma español. Debemos cangratularnos de que persona de tanto mérito se haya tomado el trabajo de ilustrar a todos los compañeros, o en vías de serlo, sobre materia de tanta importancia en la que tan profundos conocimientos y sabia práctica ha podido adquirir.

No se concibe que en la enseñanza de la Ingeniería civil, militar, naval, industrial, aeronáutica o electrónica, automovilista o de comunicaciones, eje de darse la debida importancia y el necesario alcance a las nociones fundamentales de regulación, estabilidad y proyecto de sistemas automáticos de maniobra y gobierno. Por lo cual, la aparición de un texto como el presente viene a llenar una necesidad que se hacía ineludible satisfacer.

El tratado abarca lo esencial en el campo de una introducción y facilita la lectura de obras más completas y memorias en las revistas profesionales, cada día más frecuentes, cuya redacción exige conocimientos adelantados de Matemática funcional y Cálculo de probabilidades.

Es de esperar que la obra será consultada con fruto y apreciada en consecuencia, sea por ingenieros en cierne o por ingenieros maduros, y que el autor en ediciones sucesivas puede ir dando cuenta de los progresos realizados, a los cuales habrá de contribuir con la porfía de su esfuerzo y las aptitudes singulares de su inteligencia.

Esteban Terradas

NOTAS

1.ª *El método de Heaviside se encuentra expuesto en varios trabajos publicados en diversas revistas profesionales españolas y americanas. Véanse en especial las excelentes conferencias del ingeniero don Pedro Puig Adam, en la Escuela Especial de Ingenieros Industriales de Madrid, curso académico de* 1947 *a* 1948, *páginas* 76 *a* 100.

2.ª *El grupo de matemáticos a que se refiere el prólogo en su apartado VI comprende multitud de nombres, entre los cuales destaca el de N. Wiener, actualmente en Norteamérica (volumen LV, pág.* 117, *de* Acta Mathematica: Generalized Harmonic Analysis (1930); *también* The Fourier Integral, *Cambridge*, 1933, *y el reciente*: Cybernetics, *N. York*, 1949).

3.ª *Entre los que más han contribuído a presentar con el debido rigor los fundamentos científicos del Cálculo Simbólico es deber mencionar a G. Julia*: Sur deux méthodes de Calcul des régimes variables a partir des régimes permanents, 1936. *Societé Française des Electriciens. Esta memoria ha sido después motivo de inspiración de multitud de otros trabajos. El profesor Julia ha desarrollado su exposición más reciente en tres conferencias dadas en Madrid, en el Instituto Nacional de Técnica Aeronáutica en abril de* 1950.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

I. Servomecanismo.—1. *Definición.*—En muchas ocasiones se presenta la necesidad de que las características de funcionamiento de un sistema electromecánico sigan con fidelidad y prontitud variaciones externas al sistema. Se dice que un sistema está actuando como servomecanismo cuando la acción reguladora del funcionamiento es un resultado de la comparación entre lo que debieran ser las condiciones ideales del funcionamiento y las reales, y, por consiguiente, tanto mayor es la acción correctora cuanto mayor es el error.

Las partes componentes esenciales de un servomecanismo son:

a) Dispositivo para medir el error o diferencia entre la situación ideal y la real.

b) Amplificación de potencia, generalmente electrónica, de este error.

c) Servo-motor sobre el que actúa la acción correctora amplificada. (Fig. 1.1.)

2. *Actuación de un servo.*—Consideremos el servo posicional más sencillo, compuesto de (fig. 1.2):

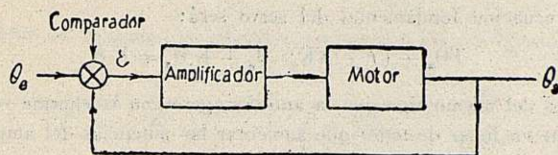


Fig. 1.1.—*Esquema fundamental de un servomecanismo.*

a) Un comparador en el que se mide la diferencia de posición del eje de salida Θ_s con la ideal Θ_e de entrada. Del comparador se obtiene una magnitud eléctrica o mecánica proporcional al error $\epsilon = \Theta_e - \Theta_s$.

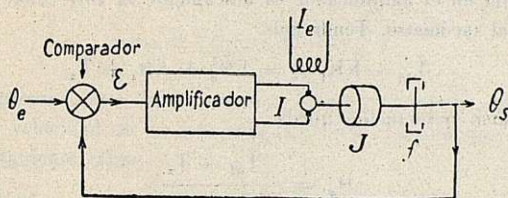


Fig. 1.2.—*Esquema simplificado de un servoposicional.*

b) Un amplificador, generalmente electrónico, de la señal ϵ. La salida del amplificador, en el caso particular que estamos considerando, es una corriente I proporcional a ϵ.

c) Un motor de corriente continua con una corriente de excitación I_e constante, y con una corriente I, en la armadura, regulada por el amplificador, y que produce, por consiguiente, un par motor M proporcional a la corriente I.

d) El conjunto del sistema mecánico tiene un momento de inercia J, suma del rotor de la máquina y de todos los mecanismos de arrastre.

e) Un coeficiente de fricción (*f*) provocado por los rozamientos de la parte móvil y por los amortiguadores de oscilaciones que pudiera haber, sean del tipo viscoso en aceite o electromagnético por corrientes Foucault.

Las ecuaciones del sistema electromecánico serán, igualando el par motor al par de inercia y de fricción:

$$M = K\,\varepsilon = J\,\ddot{\Theta}_s + f\,\dot{\Theta}_s \qquad (1)$$

y substituyendo $\epsilon = \Theta_e - \Theta_s$ se obtiene

$$J\,\ddot{\Theta}_s + f\,\dot{\Theta}_s + K\,\Theta_s = \Theta_e \qquad (2)$$

Esta es la ecuación fundamental del servo estudiado, pues nos liga la posición de entrada Θ_e, con la posición de salida Θ_s.

Para juzgar de la «actuación» de un servo, es necesario someterle a pruebas dinámicas. Las dos pruebas que se consideran como típicas son (figura 1.3):

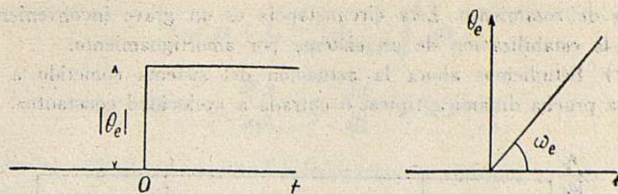


Fig. 1.3.—*Entradas típicas para juzgar de la actuación de un servo.*

a) Un salto brusco de la posición de entrada Θ_s.

b) Un cambio brusco de la velocidad $\Theta_e = \omega_e$.

Caso a) Salto brusco de posición $/\Theta_e/$

La solución de la ecuación (2) será de la forma

$$\Theta_s = /\Theta_e/ + A_1\,e^{r_1 t} + A_2\,e^{r_2 t} \qquad (3)$$

siendo r_1 y r_2 las raíses de la ecuación característica

$$J r^2 + f r + K = o$$

e introduciendo parámetros universales tendremos

$$\omega_n^2 = \frac{K}{J} \quad ; \quad c\,\omega_n = \frac{f}{2J}$$

$$r = -c\,\omega_n \pm \omega_n\sqrt{c^2 - 1}$$

De las condiciones iniciales $\Theta_s(o) = o$ y $\dot{\Theta}_s(o) = o$, supuesto el sistema en reposo, en un principio, se deduce.

$$\left.\begin{array}{l}\Theta_s(o) = o = /\Theta_e/ + A_1 + A_2 \\ \dot{\Theta}_s(o) = o = r_1 A_1 + r_2 A_2\end{array}\right\} A_1 = \frac{r_2/\Theta_e/}{r_1 - r_2}\ ;\ A_2 = \frac{r_1/\Theta_e/}{r_2 - r_1}$$

y en definitiva puede escribirse la ecuación (3) en la forma

$$\frac{\Theta_s(t)}{/\Theta_e/} = 1 - \frac{e^{-c\,\omega_n t}}{\sqrt{1 - c^2}}\ \text{sen}\left(\sqrt{1 - c_2}\ \omega_n t + \varphi\right)$$

con $\varphi = tg^{-1}\dfrac{\sqrt{1 - c^2}}{c}$

Si se representa gráficamente la función obtenida tomando como tiempo reducido $\omega_n t$, se observa que hay en realidad tres tipos de curva según $c \begin{cases} >1 \\ =1 \\ <1 \end{cases}$ (Cuando $c > 1$ las funciones circulares se transforman en hiperbólicas.) (Figura 1.4.)

¿Cuáles son los parámetros ω_n y c para la actuación más conveniente del sistema?

a) Por rapidez de formación de la salida conviene que ω_n sea lo mayor posible, es decir, que K (par motor por unidad de error) sea muy grande, o que la inercia J sea muy pequeña.

b) Por rapidez y fidelidad de la reproducción de la salida en comparación con la entrada, c debe estar comprendido entre 0,6 y 0,4. Valores mayores que $c = 0{,}6$ hacen al sistema «torpe», y valores de menores $c = 0{,}4$ convierten el sistema en demasiado «danzarín».

De la fórmula $c\,\omega_n = f/2\,J$, vemos que si queremos aumentar ω_n, permaneciendo c con un valor adecuado, ha de ser a fuerza de aumentar el amortiguamiento f, y, por consiguiente, gran parte de la potencia del motor ha de consumirse inútilmente en pérdi-

das de rozamiento. Esta circunstancia es un grave inconveniente de la estabilización de un sistema por amortiguamiento.

c) Estudiemos ahora la actuación del sistema sometido a la otra prueba dinámica típica, o entrada a «velocidad constante».

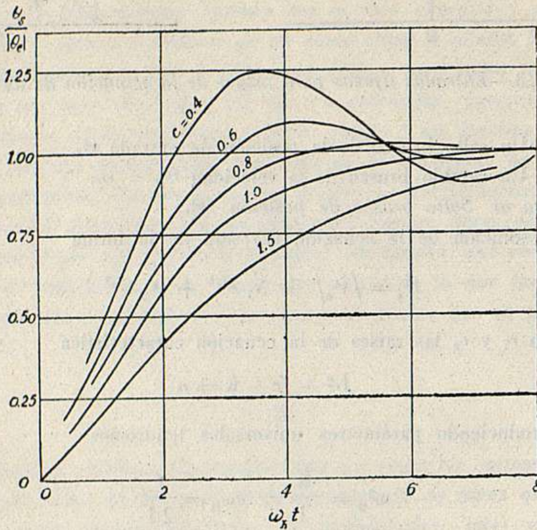


Fig. 1.4.—*Forma del transitorio en un servo, con diferentes amortiguamientos al producirse un brusco cambio en la entrada.*

El estudio del comportamiento dinámico sería semejante. En este caso hay un error permanente fácilmente calculable mediante la ecuación fundamental:

$$J\ddot{\theta}_s + f\dot{\theta}_s + K\theta_s = K\theta_e$$

Cuando se llegue al régimen permanente se tendrá:

$$\dot{\theta}_s = \dot{\theta}_e = \omega_e \quad ; \quad \ddot{\theta} = o \text{ y.}$$

$$f\omega_e + K\theta_s = K\theta_e \qquad \varepsilon = \theta_e - \theta_s = \frac{f\omega_e}{K}$$

y substituyendo f y K por los parámetros universales ω_n y c queda

$$\varepsilon = 2c\frac{\omega_e}{\omega_n}$$

Por lo tanto, el sistema revela error de velocidad.

3. *Servo con estabilización tacométrica.* (Figura 1.5.)

En la estabilización tacométrica se introduce en el amplificador, además del error, una realimentación producida por un tacómetro arrastrado por el órgano de salida de modo de que tienda a frenar al sistema. La ecuación del par mecánico sigue siendo la misma.

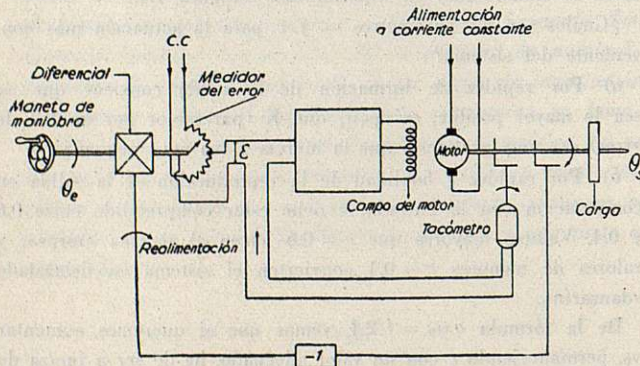


Fig. 1.5.—*Esquema de un servoposicional con estabilización tacométrica.*

$$M = J\ddot{\theta} + f\dot{\theta}$$

pero en la entrada del amplificador actúan las dos señales: el error $\Theta_e - \Theta_s$ más la acción del tacómetro $-K_t\,\dot{\Theta}_s$, es decir,

$$M = K(\theta_e - \theta_s - K_t\dot{\theta}_s)$$

y la ecuación fundamental del servo será:

$$J\ddot{\theta}_s + (f + KK_t)\,\dot{\theta}_s + K\theta_s = K\theta_e$$

que es del mismo tipo que la anterior, pero con la enorme ventaja de que en lugar de tener que aumentar las potencias del amplificador y del motor para disiparlas en pura pérdida, por un aumento de f necesario para la estabilización, es preciso únicamente regular el grado de realimentación K_t del tacómetro. También vemos que la estabilización tacométrica no disminuye el «error de velocidad».

Consideremos ahora otro tipo de actuación del mismo servo, como regulador de velocidad. Supongamos que el motor tiene que producir diferentes pares de arrastre y que la señal de realimentación en el amplificador es únicamente la corrección de velocidad del tacómetro. Tendremos

$$T_M - KK_t\dot{\theta}_s = J\ddot{\theta}_s + f\dot{\theta}_s + T_s$$

en régimen permanente queda

$$\dot{\theta}_s = \frac{T_M - T_s}{f + KK_t}$$

y cualquier variación del par mecánico de salida produce una variación de la velocidad

$$\delta\dot{\theta}_s = \frac{\delta T_s}{f + K_t K}$$

y, por consiguiente, la estabilización tacométrica contribuye extraordinariamente a reducir las variaciones de velocidad.

4. *Estabilización con la derivada del error.*—La corriente i del circuito de la figura es

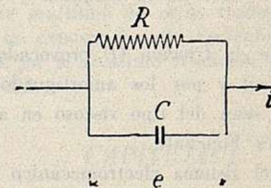


Fig. 1.6.—*Circuito para obtener la derivada del error.*

$$i = C\frac{de}{dt} + \frac{e}{R} = \frac{1}{R}\left(e + CR\frac{de}{dt}\right)$$

y, por consiguiente, si ponemos tal circuito a la entrada del amplificador de un servo tendremos que el par motor desarrollado será proporcional al error *más* la derivada del error, es decir,

$$M = K(\varepsilon + K_d\dot{\varepsilon})$$

siendo K_d un factor dependiente del producto CR.

La ecuación fundamental del servo será

$$M = K(\varepsilon + K_d \dot{\varepsilon}) = J\ddot{\theta}_s + f\dot{\theta}_s$$

con $\varepsilon = \Theta_e - \Theta_s$

luego

$$J\ddot{\theta}_s + (f + KK_d)\,\dot{\theta}_s + K\theta_s = K\theta_e + KK_d\,\dot{\theta}_e$$

y los parámetros universales serán

$$\omega_n^2 = \frac{K}{J} \quad ; \quad c\,\omega_n = \frac{f + KK_d}{2J}$$

y el error de velocidad en régimen permanente ($\dot{\theta}_e = \dot{\theta}_s = \omega_e$)

$$\varepsilon_{\omega_e} = -\frac{f}{K}\,\omega_e = -\frac{f}{f + KK_d}\,2c\,\frac{\omega_e}{\omega_n}$$

Es decir, este sistema de estabilización por la derivada del error tiene sobre los dos anteriores, de fricción y tacométrico, las ventajas siguientes:

a) Estabiliza como el tacométrico, sin aumentar las pérdidas.

b) Reduce el error de velocidad, en comparación con los anteriores en la proporción $f/f + KKd$.

En resumen, consideremos que las características de un mecanismo son J y f. Las condiciones de estabilización exigen:

$$c\,\omega_n = \frac{f}{2J} \text{ y } K = \omega_n^2 J$$

y supongamos ahora que deseamos mejorar el servo cuadruplicando la velocidad de su respuesta $\overline{\omega_n} = 4\,\omega_n$, con lo que tendremos la siguiente tabla:

Estabilización	$\overline{c}$	$\overline{f}$	$\overline{\omega_n}$	$\overline{K}$	$\overline{\varepsilon\omega_e}$
Fricción primitivo	c	f	ω_n	K	$\varepsilon\omega_e$
Viscoso	c	$4f$	$4\omega_n$	16 K	$1/4\ \varepsilon\omega_e$
Tacométrico	c	f	$4\omega_n$	16 K	$1/4\ \varepsilon\omega_e$
Derivada de ε	c	f	$4\omega_n$	16 K	$1/16\ \varepsilon\omega_e$

5. *Cierre de la introducción.*—Hemos considerado tres tipos de servomecanismos muy sencillos para poder estudiarlos con matemáticas elementales y que, sin embargo, pudieran darnos una idea concreta del modo de funcionar los servomecanismos. En realidad, cualquier servomecanismo empleado es extraordinariamente más complejo, lo que ha obligado a crear métodos de cálculo especiales. Este trabajo tiene por objeto el estudio de estos métodos.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS MATEMÁTICOS DE LA TEORÍA DE LOS SERVOS

Por considerar que la teoría de la transformada de Laplace no está muy generalizada en nuestra enseñanza técnica, nos permitimos hacer una introducción elemental de dicha teoría, la imprescindible para nuestros fines.

1. *Sistemas lineales electromecánicos.*—En realidad, el número de elementos lineales diferentes en los sistemas electromecánicos es muy reducido, aunque el número de sus combinaciones sea infinito. En general, cualquier sistema electromecánico da lugar a relaciones del tipo

$$e = ri + L\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\int i\,dt$$

$$F = m\frac{d^2x}{dt^2} + f\frac{dx}{dt} + Kx$$

entre las diferentes magnitudes físicas que lo definen, y viene regido el comportamiento del conjunto por un sistema de ecuaciones diferenciales lineales.

Sabemos que recurriendo al método de los electricistas, estudiando únicamente soluciones del tipo e^{pt}, el sistema diferencial se transforma en un algebraico lineal por las substituciones.

$$\frac{d}{dt} = p \quad \text{y} \quad \int dt = \frac{1}{p}$$

y entonces se puede escribir para un efecto cualquiera I_i originado por la causa E_j

$$I_i = G_{ij}(p)\,E_j$$

dependiendo G_{ij} (p) de los puntos considerados. La función G (p) es una fracción racional en p, la llamada función de transmisión entre la causa E_j y el efecto I_i.

2. *Serie e integral de Fourier.*—Cualquier función periódica $f(t)$ de pulsación $\omega_0 = 2\pi/T$, siendo T el período, puede desarrollarse en serie de Fourier.

$$f(t) = \frac{1}{T}\sum_{n=-\infty}^{+\infty} a_n\,e^{nj\omega_0 t} \qquad (1)$$

que multiplicando ambos miembros por $e^{-jm\omega_0 t}$ e integrando durante un período

$$\int_{T/2}^{T/2} f(t)\,e^{-jm\omega_0 t}\,dt = a_m \qquad (2)$$

ya que

$$\int_{-T/2}^{T/2} e^{j(n-m)\omega_0 t}\,dt = \begin{cases} 0 \\ T \end{cases} \quad \text{si } n \begin{cases} \neq m \\ = m \end{cases}$$

En el caso de que el período creciese indefinidamente tendríamos que la notación $m\,\omega_0 = \omega$ que la integral (2) se transformaría en

$$a(\omega) = \int_{-\infty} f(t)\,e^{-j\omega t}\,dt \qquad (3)$$

y la suma (1) con $\dfrac{1}{T} = \dfrac{d\omega}{2\pi}$

$$f(t) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} a(\omega)\,e^{j\omega t}\,d\omega \qquad (4)$$

La fórmula (4) nos pone de manifiesto que cualquier función del tiempo es descomponible en suma de funciones periódicas, dándonos la fórmula (3) la densidad espectral de $f(t)$. La función a (ω) se llama la transformada de Fourier de la función $f(t)$.

En el caso de que se aplicase la $f(t)$ en un sistema lineal de

transmisiones G (p), tendríamos como respuesta del sistema aplicando el principio de superposición:

$$I(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} a(\omega)\, G(\omega j)\, e^{j\omega t}\, d\omega$$

como vemos, la transformada de Fourier permite calcular la respuesta de un sistema lineal cuando se lo somete a una acción cualquiera.

Si $f(t) = 0$ para $t < 0$ la transformada toma la forma

$$a(\omega) = \int_{0}^{\infty} f(t)\, e^{-j\omega t}\, dt$$

3. *Transformada de Laplace.*—Dentro del método heurístico hasta aquí seguido podríamos escribir con el nuevo cambio de notación $p = \omega j$.

$$a(p) = \int_{0}^{\infty} f(t)\, e^{-pt}\, dt$$

$$f(t) = \frac{1}{2\omega j} \int_{-\infty}^{\infty} a(p)\, e^{pt}\, dp$$

y podríamos decir que $a(p)$ es la transformada de Laplace de $f(t)$.

Sin embargo, conviene dar aquí a la transformada de Laplace todo su valor matemático. Este consiste en establecer una correspondencia entre una función de variable real $f(t)$ definida para $t \geqq 0$ y, otra función de variable compleja F (p) definida por

$$F(p) = L\left(f(t)\right) = \int_{0}^{\infty} f(t)\, e^{-pt}\, dt$$

esta definición tiene sentido siempre que

$Re(p) > \sigma$ con tal que $f(t)\, e^{-\sigma t} < M$ para cualquier $t \geqslant 0$.

Definida $F(p)$ para $Re(p) > \sigma$ puede prolongarse analíticamente $F(p)$ para cualquier otro valor de p, salvo los puntos singulares.

Puede demostrarse que si

$$g(t) = \frac{1}{2\pi j} \int_{c-j\infty}^{c+j\infty} F(p)\, e^{pt}\, dt \qquad \text{para } c > \sigma$$

es

$$g(t) = \begin{cases} 0 & \text{para } t < 0 \\ f(t) & \text{para } t > 0 \end{cases}$$

Propiedades de la transformada de Laplace.

a) *Principio de superposición.*—Si $f(t) = c_1 f_1(t) + c_2 f_2(c)$ por la definición de la transformada puede escribirse inmediatamente

$$L(f) = c_1\, L(f_1) + c_2\, L(f_2)$$

b) *Transformada de una derivada.*—Tenemos

$$L\left(\dot f(t)\right) = \int_{0}^{\infty} \dot f(t)\, e^{-pt}\, dt = f(t)\, e^{-pt}\Big|_{0}^{\infty} + p \int_{0}^{\infty} f(t)\, e^{-pt}\, dt$$

luego

$$L(\dot f) = -f(o) + p\, L(f)$$

y si queremos repetir el proceso tendremos

$$L(\ddot f) = -\dot f(o) + p\, L(\dot f) = -\dot f(o) - p\, f(o) + p^2\, L(f)$$

c) *Transformada de una integral.*—Si

$$g(t) = \int_{0}^{t} f(t)\, dt$$

tendremos, aplicando la fórmula anterior de la derivada

$$L(g) = \frac{1}{p}\, L(f)$$

d) *Transformada de* $e^{-at} f(t)$.—Si

$$F(p) = \int_{0}^{\infty} f(t)\, e^{-pt}\, dt$$

tendremos cambiando p por $p + a$

$$F(p+a) = \int_{0}^{\infty} f(t)\, e^{-at} \cdot e^{-pt}\, dt = L\left(e^{-at} f(t)\right)$$

Las dos propiedades siguientes de la transformada de Laplace son de gran interés, porque permiten calcular inmediatamente los valores de $f(t)$ en $t = o$ y $t = \infty$ directamente de $F(p)$, sin pasar por la transformación inversa.

Tenemos por *b)*

$$L(\dot f) = \int_{0}^{\infty} \dot f(t)\, e^{-pt}\, dt = p\, F(p) - f(o)$$

e) Si $p \rightarrow \infty$ la integral tiende hacia cero, luego

$$f(o) = \Big[p\, F(p)\Big]_{p \rightarrow \infty}$$

f) Si $p \rightarrow o$, $e^{-pt} \rightarrow 1$, y efectuando la integración nos queda

$$f(\infty) = \Big[p\, F(p)\Big]_{p \rightarrow o}$$

4. *Solución de un sistema de ecuaciones lineales integro-diferenciales mediante la transformada de Laplace.*—En las aplicaciones que desarrollaremos supondremos siempre que el sistema parte del reposo, es decir, que todas las magnitudes y sus derivadas serán nulas en el momento inicial, esto hace que

$$L\left(\frac{d^n}{dt^n} f(t)\right) = p^n\, L\left(f(t)\right)$$

y, por consiguiente, que la relación entre efecto Θ_s y causa Θ_o sea

aplicando la transformación de Laplace al sistema diferencial, lineal de ecuaciones

$$L\left(\Theta_s(t)\right) = G(p) L\left(\Theta_e(t)\right)$$

siendo G (p) la función de transmisión, y con la notación cada vez más usual de cambiar simplemente t por p para significar la transformada.

$$\Theta_s(p) = G(p)\,\Theta_e(p)$$

es decir, que podemos calcular la transformada de la función salida multiplicando la transformada de la función entrada por la función de transmisión.

Para calcular la salida habrá que calcular la función $\Theta_s(t)$ inversa de la $\Theta_s(p)$.

En resumen: Si se aplica una acción cualquiera $\Theta_e(t)$ a la entrada de un sistema, la salida $\Theta_s(t)$ es calculable mediante los siguientes pasos:

1.º Se calcula la transformada de $\Theta_s(t)$ mediante

$$\Theta_e(p) = \int_0^\infty \Theta_e(t)\, e^{-pt}\, dt$$

2.º Se calcula la función de transmisión G (p) que relaciona la acción de entrada con el efecto de salida. La función G (p) se obtiene substituyendo en el sistema de ecuaciones los símbolos

$$\frac{d}{dt} \text{ por } p \text{ y el } \int_0^t dt \text{ por } \frac{1}{p}$$

3.º Se calcula la transformada de la salida $\Theta_s(p)$ multiplicando G (p), función de transmisión, por $\Theta_0(p)$, transformada de la entrada.

4.º Mediante la transformación inversa de $\Theta_s(p)$ se obtiene $\Theta_0(t)$

$$\Theta_s(t) = \frac{1}{2\pi j}\int_{c-j\infty}^{c+j\infty} G(p)\,\Theta_e(p)\, e^{pt}\, dp$$

generalmente, para efectuar esta integral se aplica el método de los residuos.

5. *Transformadas típicas.*

a) Cambio brusco de la entrada.

$$\Theta_e(p) = \int_0 /\Theta_e/\, e^{-pt}\, dt = \frac{/\Theta_e/}{p}$$

b) Aumento de la entrada a velocidad constante.

$$\Theta_e(p) = \int_0^\infty /\omega_e/\, t\, e^{-pt}\, dt = \frac{/\omega_e/}{p^2}$$

c) Función exponencial. ($e^{e\,t}$).

$$\Theta_e(p) = \int_0^\infty e^{at}\, e^{-pt}\, dt = \frac{1}{p-a} = L\left(e^{at}\right)$$

De esta última puede obtenerse una serie de combinaciones. Así

$$L(\text{Ch at}) = L\left(\frac{1}{2}\left(e^{at} + e^{-at}\right)\right) = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{p-a} + \frac{1}{p+a}\right) = \frac{p}{p^2 - a^2}$$

y

$$L(\text{Sh at}) = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{p-a} - \frac{1}{p+a}\right) = \frac{a}{p^2 - a^2}$$

$$L(\cos at) = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{p-ja} + \frac{1}{p+ja}\right) = \frac{p}{p^2 + a^2}$$

$$L(\text{sen } at) = \frac{1}{2j}\left(\frac{1}{p-ja} - \frac{1}{p+ja}\right) = \frac{a}{p^2 + a^2}$$

$$L\left(e^{-bt}\cos at\right) = \frac{p+b}{(p+b)^2 + a^2} \quad (1)$$

$$L\left(e^{-bt}\,\text{sen } at\right) = \frac{a}{(p+b)^2 + a^2}$$

CAPÍTULO III

TEORÍAS MATEMÁTICAS DE LOS SERVOS

1. *Composición de las funciones de transmisión.*

a) La composición de funciones de transmisión en serie es extraordinariamene sencilla, pues tendremos, según la figura 3.1:

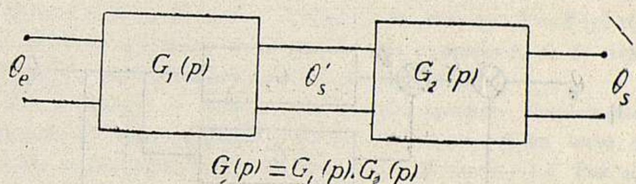


Fig. 3.1.—*Composición de las funciones de transmisión.*

$$\left.\begin{aligned}\Theta'_s &= G_1\,\Theta_e \\ \Theta''_s &= G_2\,\Theta'_s\end{aligned}\right\}\ \Theta''_s = G_1\,G_2\,\Theta_e = G\,\Theta_e$$

con

$$G = G_1\,G_2$$

b) *Función de transmisión en un servo sencillo* (figura 3.2):

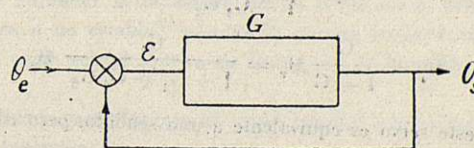


Fig. 3.2.—*El más sencillo esquema de un servo.*

Tendremos en un servo sencillo

$$\Theta_s = G\,\varepsilon \quad ; \quad \varepsilon = \Theta_e - \Theta_s$$

(1) Propiedad *d)* de 2.3.

luego en función de la entrada se obtendrá

$$\varepsilon = \frac{\Theta_e}{1+G} \qquad \Theta_s = \frac{G}{1+G}\,\Theta_e$$

La función $G_o(p) \frac{G(p)}{1+G(p)}$ es la transmisión conjunta del servo, que liga la salida con la entrada, teniendo en cuenta los efectos de la realimentación.

c) *Servo con circuito* en la realimentación (figura (3.3):

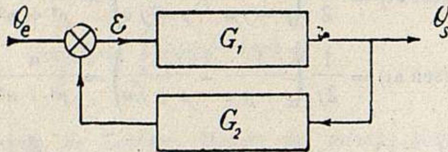


Fig. 3.3.—*Servo con circuito en la realimentación.*

De la figura se deduce:

$$\Theta_s = G_1\,\varepsilon \quad ; \quad \varepsilon = \Theta_e - G_2\,\Theta_s$$

$$\Theta_s = \frac{G_1}{1+G_1\,G_2}\,\Theta_e$$

Este tipo de servo no es muy empleado, porque puede producir error permanente (véase la teoría de errores en los servos).

d) *Servo con doble realimentación.*—Este tipo de servo es mucho más empleado (recuérdese la estabilización con tacómetro). (Figura 3.4.)

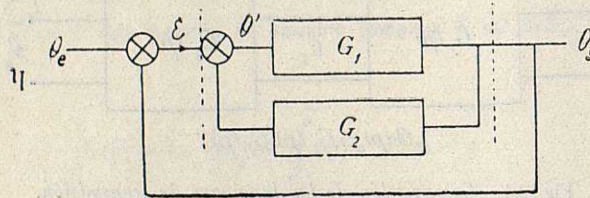


Fig. 3.4.—*Servo con doble realimentación.*

Pueden escribirse las siguientes relaciones:

$$\Theta_s = G_1\,\Theta' \quad ; \quad \Theta' = \varepsilon - G_2\,\Theta_s \quad ; \quad \varepsilon = \Theta_e - \Theta_s$$

luego

$$\Theta_s = \frac{G_1}{1+G_1\,G_2}\,\varepsilon = G\,\varepsilon$$

$$\Theta_s = \frac{G}{1+G}\,\Theta_e = \frac{G_1}{1+G_1+G_1\,G_2}\,\Theta_e$$

es decir, este servo es equivalente a uno sencillo, pero con función de transmisión.

$$G = \frac{G_1}{1+G_1\,G_2}$$

2. *Coeficientes de error.*—La función G (p) que liga $\Theta_s = G\varepsilon$ es en general una función fácil de obtener, y por ser además racional se la puede escribir en la forma

$$G(p = \frac{K_s}{p^s}\;\frac{P(p)}{Q(p)}$$

en los que $P(o) = Q(o) = 1$.

De la propiedad de los valores asintóticos de las transformadas tendremos para $t \to \infty$, como régimen permanente.

$$\varepsilon(\infty) = \left[p\,\frac{G(p)}{1+G(p)}\,\Theta_e(p)\right]_{p \to o}$$

Si Θ_e es un salto, tendremos $\Theta_e(p) = \frac{/\Theta_e/}{p}$

y el error estático será

$$\varepsilon(\infty) = \left[\frac{/\Theta_e/}{1+\frac{K_s}{p^s}}\right]_{p \to o} = \begin{cases} \frac{/\Theta_e/}{1+K} & \text{si } s = o \\ o & \text{si } s \geqslant 1 \end{cases}$$

Si $\Theta_e = \omega_e t$ tendremos $\Theta_e(p) = \frac{/\omega_e/}{p^2}$ y el error debido a la velocidad será

$$\varepsilon\omega(\infty) = \left[\frac{/\omega_e/}{p+\frac{K_s}{p^{s-1}}}\right]_{p \to o} = \begin{cases} \frac{/\omega_e/}{K_v} & \text{si } s = 1 \\ o & \text{si } s \geqslant 2 \end{cases}$$

En general, en todos los servomecanismo $s = 1$, con lo cual no hay error estático y sí lo hay de velocidad. El coeficiente K_v tendrá, por consiguiente, una gran importancia práctica en la actuación del servomecanismo.

3. *Estabilidad de un servo.*—La estabilidad de un servo podrá venir medida por la rapidez con que vuelve al reposo después de haber sufrido una alteración cualquiera. Supongamos que sufre un muy corto impulso unitario. Tendremos $L(\Theta_e t)) = 1$ y la reacción del servo vendrá dada por

$$\varepsilon(p) = \frac{1}{1+G(p)}$$

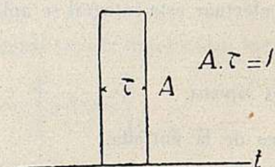


Fig. 3.5.—*La perturbación más sencilla: un impulso unitario cuando* $\tau \to o$.

y para hallar $\epsilon(t)$ tendremos que realizar la transformación inversa de $\epsilon(p)$.

Por ser G (p) una función racional podemos escribir (1)

$$\varepsilon(p) = \Sigma\,\frac{A_i}{p - a_i}$$

siendo a_i las raíces de $1 + G(p) = 0$.

(1) Por razones prácticas, inercias y efectos de capacidades parásitas,

$$\epsilon(\infty) \to o.$$

Como sabemos que $L(e^{a_i t}) = \dfrac{1}{p - a_i}$ tenemos para

$$\varepsilon(t) = \Sigma\, A_i\, e^{a_i t}$$

luego para que el sistema sea estable, es decir, que $\varepsilon(t) \to 0$, cuando $t \to \infty$ es preciso que la parte real de las raíces de $1 + G(p) = 0$ sea negativa, o de otro modo, que los puntos de representación de los valores a_i en el plano p se encuentren en el semiplano de la izquierda.

Ahora bien: como, en general, los polinomios resultantes son superiores al segundo o tercero grado, resulta que es prácticamente imposible obtener las raíces y, sobre todo, reconocer la influencia que ejercen los diversos elementos del servomecanismo en la estabilidad y actuación del mismo.

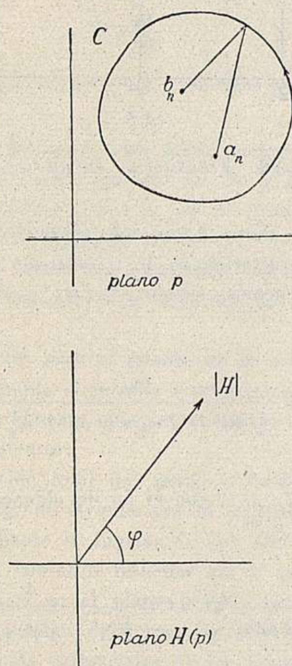


Fig. 3.6.—*Transformación del plano* p *en el plano H*(p).

4. *Transformación de representaciones.*—Consideremos una función H (p) racional y, por consiguiente, de la forma

$$H(p) = \frac{\Pi_i (p - a_i)}{\Pi_j (p - b_j)} = M\, e^{j\varphi}$$

siendo a_n sus ceros, b_m sus polos, M su módulo y φ su argumento. Supongamos que la variable compleja p recorre el circuito C en el sentido contrario de las agujas de un reloj. Es evidente que al volver al punto de partida habrán sucedido los siguientes hechos (figura 3.6):

a) El módulo M de la función H (p) habrá tomado su primitivo valor.

b) El argumento de H (p) habrá aumentado 2π por cada vuelta a un cero interior al circuito.

c) El argumento H (p) habrá disminuído 2π por cada polo interior al circuito.

d) Como consecuencia, el vector representante de H (p) habrá dado tantas vueltas en el sentido contrario de las agujas de un reloj como el número de ceros menos el número de polos que hay dentro del circuito C.

5. *Criterio de Nyquist.*—Tomemos ahora la función $1 + G(p)$ y hagamos recorrer a p un circuito que encierre el semiplano derecho. Por razones físicas (capacidades de las válvulas, inercia de los mecanismos, inductancia de conexiones, etc.) $G(p) \to 0$ cuando $p \to \infty$ y, por consiguiente, al recorrer p el semicírculo de $R \to \infty$ la función G (p) se concentra en el punto 0, y queda, por lo tanto, como resto del recorrido del eje $j\omega$ o de frecuencias reales. Por consiguiente, el mapa de la transformación queda reducido a trazar el lugar geométrico de G (ωj) para frecuencias reales (figura 3.7).

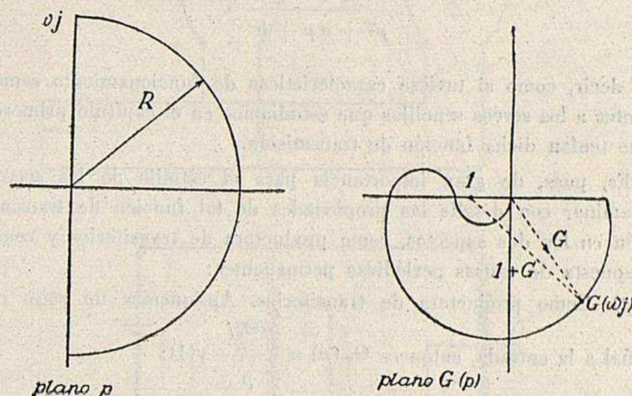


Fig. 3.7.—*Diagrama de Nyquist.*

Generalmente es sencillo conocer el número de polos que tiene G (p) en el semiplano derecho y, por lo tanto, del trazado del diagrama se viene a conocer el número de ceros que $1 + B(p)$ tiene en dicho semiplano o, lo que es más importante, si no tiene ninguno y, por consiguiente, si el servo es estable.

En resumen: el criterio de Nyquist permite simplemente, trazando el lugar geométrico de G (ωj), conocer si un servo es estable o inestable, según encierre o no el punto -1. Por ser G (p) una función de p con coeficientes reales G (ωj) y G $(-\omega j)$, son sencillamente conjugadas, y basta trazar G (ωj) de $\omega = 0$ a $\omega = \infty$ ya que la figura de $\omega = o$ a $\omega = -\infty$ es la mera imagen de la curva anterior en el eje real.

Hay que hacer observar que G (ωj) no es más que la respuesta a una función exponencial $e^{j\omega\tau}$ y, por lo tanto, medible experimentalmente en sus dos componentes de amplitud y fase, lo que permite el trazado experimental del diagrama de Nyquist de un servo ya construído.

6. *Condiciones complementarias a la de estabilidad en un servo.*—Para enjuiciar la actuación de un servo no es suficiente conocer si es o no estable; es además preciso conocer otras características, como son el tiempo de formación de la salida, forma de ésta, etc.

En realidad, para llegar a un conocimiento exacto sería preciso hallar la inversión de

$$\Theta_s(p) = \frac{G(p)}{1 + G(p)}\, \Theta_e(p)$$

variando los parámetros hasta llegar a un ajuste satisfactorio. Tal tarea sería, en verdad, prácticamente imposible. Para soslayar tales dificultades se ha recurrido a métodos más o menos em-

píricos, como el siguiente: Por ser la función de transmisión una funcional racional, puede siempre desarrollarse en fracciones racionales del tipo.

$$\frac{\Theta_s(p)}{\Theta_e(p)} = \Sigma \frac{A_n p + B_n}{p^2 + a_n p + b_n} + \Sigma \frac{C_n}{p + c_n}$$

El primer tipo de términos son los producidos por los pares de raíces complejas; el segundo, por las raíces reales. Pues bien; es regla empírica que en todo servo bien ajustado su comportamiento es similar al que tendría si hubiese un término predominante de la forma

$$\frac{B}{p^2 + a p + b}$$

es decir, como si tuviese características de funcionamiento semejantes a los servos sencillos que estudiamos en el capítulo primero, que tenían dicha función de transmisión.

Es, pues, de gran importancia para el estudio de los servos examinar con detalle las propiedades de tal función de transmisión en los dos aspectos, como productora de transitorios y como respuesta de causas periódicas permanentes:

a) Como productora de transitorios. Apliquemos un salto de señal a la entrada, entonces $\Theta_e(p) = \frac{/\Theta_e/}{p}$ y (1):

$$\frac{\Theta_s(p)}{/\Theta_e/} = \frac{\omega_n^2}{p(p^2 + 2\omega_n c p + \omega_n^2)} = \frac{1}{p} - \frac{(p + \omega_n c) + \omega_n c}{(p + \omega_n c)^2 + \omega_n (1 - c^2)}$$

y realizando la transformación inversa de ambos miembros (2).

$$\frac{\Theta_s(t)}{/\Theta_e/} = 1 - e^{-c\omega_n t}\left[\cos\left(\omega_n \sqrt{1-c^2}\, t\right) + \frac{c}{\sqrt{1-c^2}} \operatorname{sen}\left(\omega_n \sqrt{1-c^2}\, t\right)\right]$$

o tomando $tg\,\varphi = \frac{\sqrt{1-c^2}}{c}$ queda

$$\frac{\Theta(t)}{t\Theta_e/} = 1 - \frac{e^{-c\omega_n t}}{\sqrt{1-c^2}} \operatorname{sen}\left(\omega_n \sqrt{1-c^2}\, t + \varphi\right)$$

Esta fórmula fundamental, ya obtenida anteriormente (apartado 1-2), pone de manifiesto la gran importancia que los parámetros ω y c tienen en la actuación del servo. (Fig. 3.8.)

(1) El numerador ω_n^2 viene impuesto por la condición de que asintomáticamente $\Theta_s(\infty) \rightarrow /\Theta_e/$.

(2) En lo que sigue conviene tener presente el apartado 2-5, para las transformadas y sus inversas, especialmente las fórmulas de

$$L(e^{-bt} \operatorname{sen} at) \text{ y } L(e^{-bt} \cos at)$$

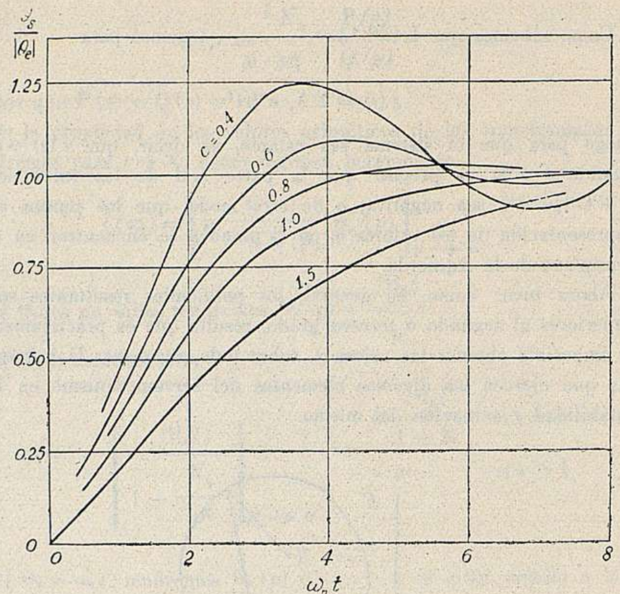


Fig. 3.8.—*Transitorios en un servo.*

b) Relacionemos ahora estos dos parámetros fundamentales, ω_n y c, con las características de transmisión en régimen sinusoidal. Entonces tenemos, siendo $\Theta_e(t) = e^{j\omega t}$, y substituyendo $p = j\omega$.

$$\Theta_s(t) = \frac{\omega_n^2}{(j\omega)^2 + 2\omega_n c(j\omega) + \omega_n^2} e^{j\omega t}$$

y con la notación $u \frac{\omega}{\omega_n}$, con el fin de obtener curvas universales, queda

$$\Theta_s(t) = \frac{1}{1 - u^2 + 2jcu} e^{j\omega t} = \frac{1}{\sqrt{(1-u^2)^2 + (2eu)^2}} e^{j\omega t - j\varphi}$$

con $tg\,\varphi = \frac{2cu}{1-u^2}$

Por consiguiente, la relación (M) entre los módulos de entrada y salida, y también entre ambos argumentos, puede representarse muy sencillamente en función de u, y c. M, la relación de los módulos pasa por un máximo para algunos valores de u. Tendremos:

$$M = \frac{1}{\sqrt{(1-u^2)^2 + (2cu)^2}}$$

El valor máximo será en

$$\frac{d\left(\frac{1}{M^2}\right)}{du} = o = 2(1-u^2)2u + 8c^2u \quad ; \quad u^2_{max} = 1 - 2c^2$$

$$M_{max} = \frac{1}{2c\sqrt{1-c^2}}$$

La importancia que tienen estos resultados es que si se ha trazado por cualquier método (por cálculo o experimentalmente) las curvas de la función de transmisión de un servo, más o me-

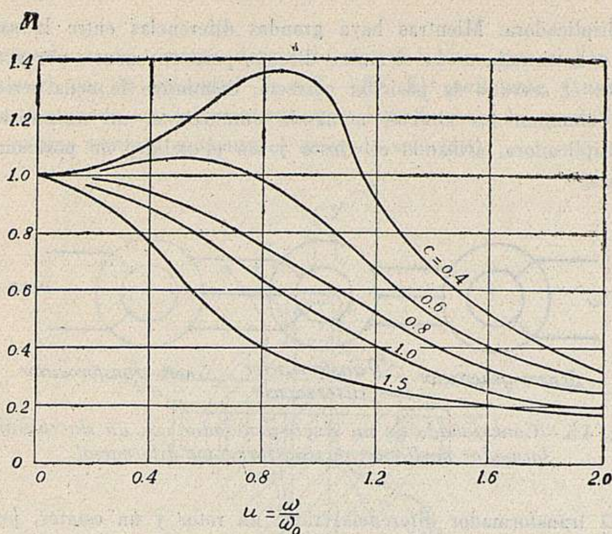


Fig. 3.9.—*Respuesta de un servo a entradas periódicas sinusoidales.*

nos complicado, actuando como filtro, podemos inferir de su forma, estimando el valor máximo de M y la frecuencia correspondiente, los valores ω_n y c y, por lo tanto, conseguir una idea del comportamiento dinámico del servo.

De discusiones anteriores dedujimos que el valor más conveniente de c para una adecuada actuación del servo debe ser $\approx 0{,}4$ luego $M \approx 1{,}3$.

7. *Otros métodos para el estudio de la estabilidad y actuación de un servo.*—Aunque el método semiempírico del módulo M sea el empleado generalmente, pueden ser dignos de mención los otros dos métodos siguientes:

a) Representación total del plano p mediante G (p).—Según vimos, el diagrama de Nyquist era la transformación del eje $j\,\omega$ del plano p mediante la función G (p). Del mismo modo puede transformarse un conjunto reticular en el plano p formado por las rectas α y $j\,\omega$ en el plano G (p), dando otro sistema reticular del cual pueden deducirse las raíces de $1 + G\ (p) = 0$.

b) Representación paramétrica de las raíces de $1 + G\ (p) = 0$. Cuando $1 + G\ (p) = 0$ da lugar a un polinomio de no muy alto grado, puede entonces representarse en la forma:

$$(p + a)\,(p^2 + 2\,c\,\omega_n\,p + \omega_n^2)$$

$$(p^2 + 2\,c_1\omega_{n1}\,p + \omega_{n1}^2)\ (p^2 + 2\,c_2\,\omega_{n2}\,p + \omega_{n2}^2)$$

y efectuando operaciones se pueden establecer relaciones entre los coeficientes de los polinomios y los parámetros de actuación del servo (ω_n c) y llegar a representaciones gráficas que permitan obtener con rapidez los parámetros ω_n y c del conocimiento de la función de transmisión de un servo.

CAPÍTULO IV

COMPONENTES DE LOS SERVOMECANISMOS

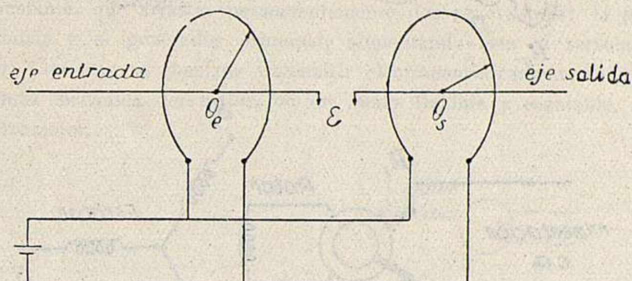
Según vimos en la introducción, los principales componentes de un servo son:

Medidor del error.
Servomotor.
Modulador o demodulador.
Amplificador.

En este capítulo se estudiarán únicamente estos componentes desde el punto de vista de su aplicación en los servomecanismos.

1. *Medidor del error.*

a) Potenciómetros.—La figura (4.1) permite dar una idea del modo de trabajo de un medidor de error empleando dos poten-



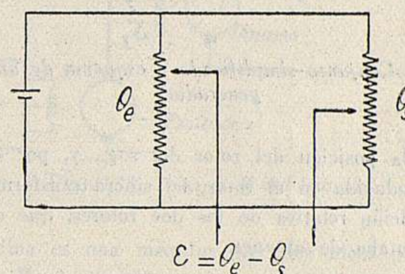


Fig. 4.1.—*Medidor del error, potenciométrico.*

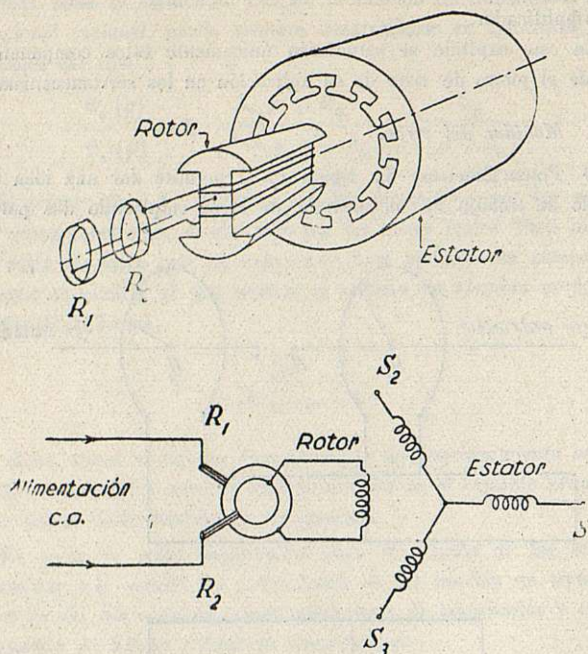
ciómetros. Por sus ventajas de bajo coste y reducido tamaño se les perdona en muchos casos su falta de precisión, poca duración, limitada amplitud, etc.

b) Instrumentos sincros.—Los tres principales instrumentos sincro empleados en los servos son: el generador, el transformador y el diferencial; el otro instrumento sincro muy importante es el motor; pero ése no es empleado en los servos (figura 4.2).

El generador tiene un estator con tres arrollamientos, mal llamados fases, por ser idénticos a los arrollamientos de un motor trifásico, y un rotor formando polos con un solo devanado alimentado mediante anillos y escobillas por la red de alterna (60 ó 400 cs.). La magnitud f. e. m. inducida en cada fase depende de la posición relativa de la fase respecto al rotor, viniendo a ser proporcional al cos φ del ángulo que forman los ejes geométricos de los bobinados.

El sincro-transformador tiene también un estator con tres devanados, generalmente de hilo muy fino, y un rotor cilíndrico con un solo devanado, también de hilo muy fino (1). Las tres fases del transformador son alimentadas mediante un sincro-generador, y las corrientes que circulan por el estator del sincro-transformador producen un campo magnético cuya dirección co-

(1) Generalmente, los sincro-transformadores van conectados a la entrada de un amplificador, por lo cual su impedancia puede ser muy alta y actúan como elevadores de tensión.



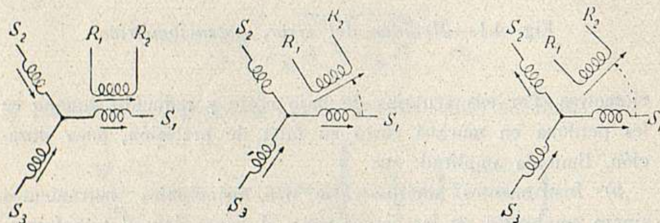


Fig. 4.2.—*Conjunto simplificado y esquema de un sincro-generador.*

rresponde a la posición del rotor del s.-g., y, por consiguiente, la tensión producida en el rotor del sincro-transformador depende de la posición relativa de los dos rotores, que era la medida que se trataba de obtener.

Fig. 4.3.—*Voltajes reducidos en el estator de un sincro-generador, según la posición del rotor.*

Dificultades de fabricación originan que un sincro tenga errorres, por no poderse fijar con toda precisión la posición relativa de los rotores del s.-g. y del s.-t. Para disminuir estos errores se transmite el movimiento del eje objeto de la medida, multiplicándolo N veces, con lo cual el error que introduce el sincro se hará N veces menor; pero así habría 2 N—1 ceros ficticios de señal y uno real. Esto sería peligroso cuando, por fuertes transitorios, hubiese grandes errores en el servo. Para evitar este falso comportamiento se hacen actuar dos medidores sincro a la vez, uno acoplado directamente y otro con la transmisión

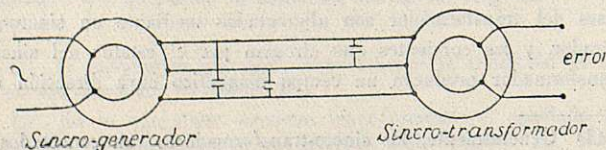


Fig. 4.4.—*Conexión de un servogenerador con un servotransformador y condensadores de compensación.*

multiplicadora. Mientras haya grandes diferencias entre la salida y la entrada actúa el sincro directo, pero en cuanto, por acercarse el servo a la posición correcta, disminuye la señal error, se conmutan los sincros, actuando entonces el de transmisión multiplicadora, afinando el ajuste y sin el peligro de posiciones falsas.

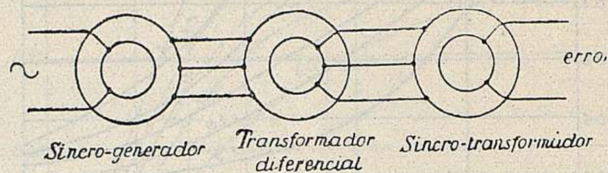


Fig. 4.5.—*Conexionado de un sincro-generador con un sincro-transformador mediante un transformador diferencial.*

El transformador diferencial tiene un rotor y un estator, pero con tres arrollamientos cada uno, y se emplea para introducir un giro adicional.

c) Sistemas de puente magnético.—Cuando se trata de obtener un seguimiento lineal puede emplearse el dispositivo de la figura 4.6, en el cual el arrollamiento central es la excitación y los dos arrollamientos laterales trabajan en contraposición; por consiguiente, cualquier movimiento longitudinal de la armadura produce un desequilibrio de las f. e. m., y, por consiguiente, una resultante E_x, cuya fase depende del sentido del movimiento.

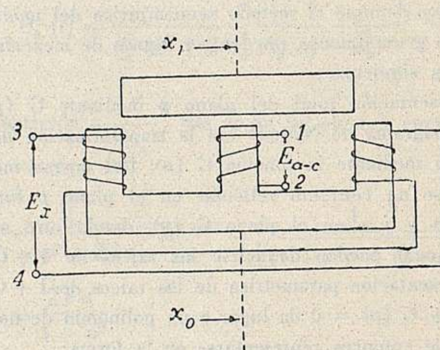


Fig. 4.6.—*Medidor del error para movimientos lineales.*

Otro sistema análogo, pero aplicable a seguir un punto en un plano es el representado en la figura 4.7. La columna central sirve para la excitación, y cada par diametral determina el corrimiento (para la correspondiente coordenada) del centro de la armadura.

2. *Servomotores.*—La elección del tipo de motor para un servo depende de múltiples consideraciones prácticas: tipo de energía de que se dispone, ruido eléctrico de las escobillas de conmutación, desgaste, par de arranque, inercia, etc.

Afortunadamente, por trabajar los servomotores en sistemas con realimentación pueden ser tolerados algunos de sus defectos, pues según es conocido, en un sistema con realimentación hay una cierta corrección automática de sus componentes (por ejemplo: la falta de ser lineales).

Una característica muy importante de los motores en su aplicación a los servos es la variación del par con la velocidad. En

general, puede tomarse, dentro de ciertos límites, que el par disminuye con la velocidad $T_v = T - f\Theta$. El coeficiente f nos da un factor de amortiguamiento que contribuye a la estabilidad, pero que también aumenta el error de velocidad.

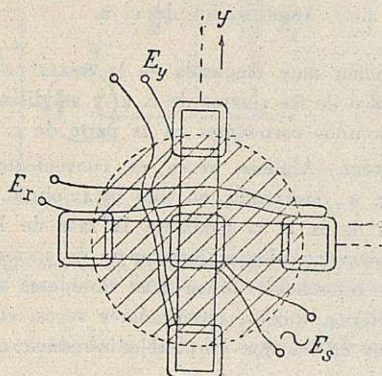


Fig. 4.7.—*Medidor del error para movimientos en un plano.*

a) Motores de c. c.—Tienen grandes pares de arranque o de inversión de marcha. El motor serie tiene el más alto par de arranque, pero disminuye rápidamente con la velocidad, por lo que puede introducir grandes errores de velocidad. El tipo más empleado es con el inductor doble, que permite cambiar la marcha del motor con una sola conmutación. (Figura 4.8.)

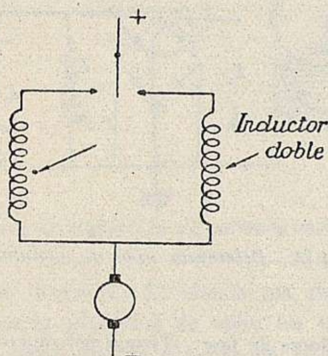


Fig. 4.8.—*Motor serie con doble arrollamiento en el inductor, para permitir con una sola conmutación el cambio de marcha.*

El motor shunt, o, mejor dicho, el que tiene las alimentaciones del inductor e inducido independientes, puede emplearse en las dos variedades:

I) Corriente fija en el inductor y regulada en el inducido, y el par motor es independiente de la velocidad.

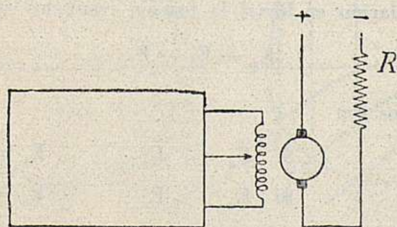


Fig. 4.9.—*Servomotor de c. c. en shunt con excitación regulada.*

II) Corriente constante en la armadura y regulable en el inductor. Para que en este caso no cambie la corriente con la f. c. e. m. es preciso que la resistencia R sea muy grande. En este tipo de conexión el motor actúa además como amplificador de potencia. (Figura 4.9.)

Cuando hay que manejar grandes potencias se recurre al sistema Ward Leonard. Consta, como la figura 4.10 indica, de un motor principal, generalmente un asincrono de casi velocidad constante, que arrastra permanentemente dos generadores: la excitatriz y el generador principal, alimentando ésta al servomotor. Con esto se consigue transmitir electromecánicamente la potencia mecánica del motor, de un modo flexible y regulable, al servomotor.

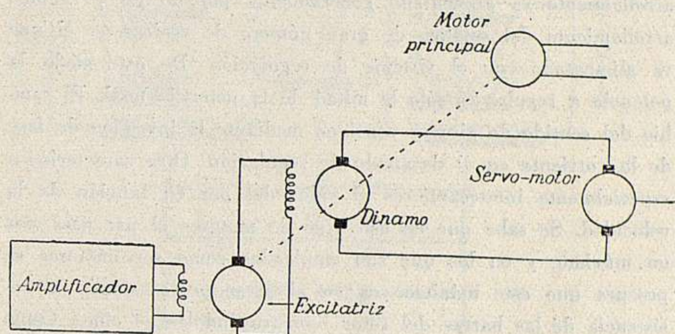


Fig. 4.10.—*Grupo Ward-Leonard.*

La amplidina es una máquina eléctrica ideal para los servomecanismos. Puede considerarse como la reunión en una sola máquina de la excitatriz y generador principal del grupo Ward Leonard. (Figura 4.11.)

La construcción de la máquina es muy semejante a cualquier

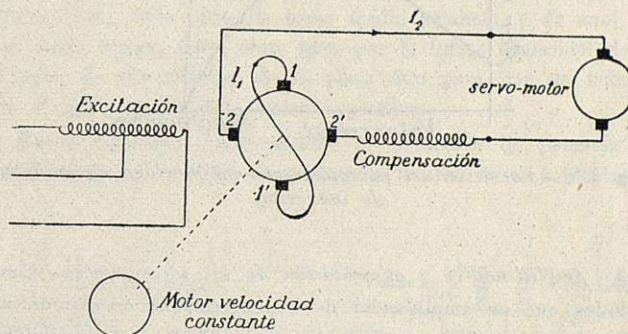


Fig. 4.11.—*Servomotor regulado mediante una amplidina.*

otra eléctrica de continua, sólo que con dos pares de escobillas en cuadratura. El primer par está puesto en corto circuito, por lo cual se desarrolla una gran corriente I_1, produciéndose un enorme campo transversal, el que a su vez origina una f. e. m. entre el otro par (2,2') en cuadratura, de escobillas. Si se emplea este último par de escobillas como dínamo, la corriente I_2 absorbida produciría otro campo transversal opuesto al de la excitación, con lo cual se anularía todo el mecanismo citado. Para evitar estos efectos se recurre a un arrollamiento de compensación en serie con la corriente I_2 que neutraliza su campo transversal. El ajuste de la compensación es delicado, pues si se com-

pensa poco la máquina tendrá muy mala regulación, cayendo excesivamente la tensión con la corriente; pero si se sobrecompensa se puede producir el autocebamiento, sin posible regulación del funcionamiento de la máquina mediante la excitación externa. Una amplidina amplifica cientos o miles de veces la potencia necesaria para su excitación. Cuando amplifica extraordinariamente se hacen sentir los efectos del magnetismo remanente del hierro, por lo que se suele emplear un devanado auxiliar alimentado con corriente alterna, para destruir cualquier traza del magnetismo remanente.

b) Motores de corriente alterna.—El más empleado es el bifásico de inducción. Cuando se lo emplea como servomotor, un arrollamiento va alimentado generalmente por la red y el otro arrollamiento del estator, de gran número de espiras, es el que va alimentado con el sistema de regulación. De este modo la potencia a regular es sólo la mitad de la potencia total. El cambio del sentido de giro se consigue mediante la inversión de fase de la corriente en el devanado de regulación. Otra característica especialmente interesante es el valor del par en función de la velocidad. Se sabe que en este tipo de motores el par pasa por un máximo, y en los que son empleados como servomotores se procura que este máximo sea en el arranque, ajustando la resistencia de las barras del rotor (construyéndolas de cinc). Como siempre, la disminución del par con la velocidad contribuye a la estabilización del servomecanismo. (Figura 4.12.)

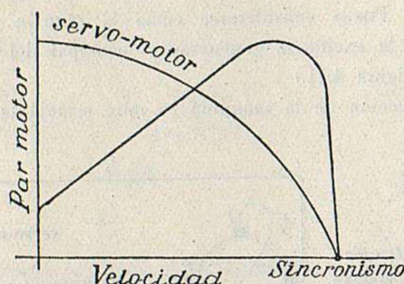


Fig. 4.12.—*Variación del par motor con la velocidad en un motor de inducción.*

3. *Amplificadores y alimentación de los servomotores.*—Conocido es que un amplificador de audiofrecuencia es extraordinariamente más eficaz que uno de c. c., debido a la posibilidad de bloquear las alimentaciones mediante condensadores. Esto unido al empleo de los sincros como medidores de error y la sencillez de los motores de c. a. pudiera presentar como indiscutible el empleo de la c. a. (60 p/s ó 400 p/s) en los servos. Sin embargo, hay tres circunstancias que tener presente:

a) La dificultad de conseguir circuitos correctores en c. a., como ya veremos posteriormente.

b) La necesidad de mantener una estabilidad de frecuencia extraordinaria en la alimentación.

c) Las excelentes características de los motores de c. c. y de los sistemas Ward-Leonard y de la amplidina.

Todo ello hace que se empleen diversas combinaciones en la amplificación y alimentación de los servomotores:

Entrada	Salida	Circuitos
c. c.	c. a.	Amplificador de c. c.
c. c.	c. a.	Modulador y amplificador de c. a.
c. a.	c. c.	Amplificador c. a. y demodulador de fase.
c. a.	c. a.	Amplificador de c. a.

Una combinación muy empleada es la mixta c. a./c. c., que permite el empleo de los sincros de c. a. y amplificador de c. a., y el uso de circuitos correctores en la parte de c. c.

a) Moduladores.—Algunas veces es conveniente transformar una c. c. en c. a., indicando, no sólo la amplitud, sino además la polarización de la c. c. mediante la fase de la c. a. Para ello puede emplearse cualquier interruptor de acción sincronizada con la c. a. de referencia. Así, se usan vibradores accionados por la corriente alterna, díodos, rectificadores secos, etc., conexionados en circuitos en los que es posible introducir una portadora. (Figura 4.13.)

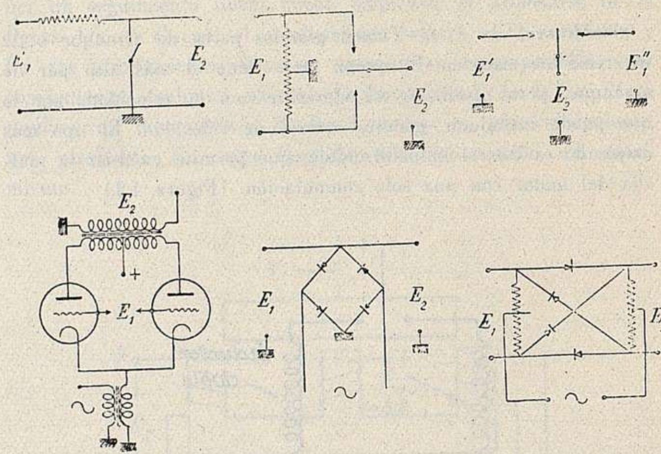


Fig. 4.13.—*Diferentes tipos de moduladores.*

b) Demoduladores de fase.—Tienen por objeto transformar una c. a. en c. c. de modo que no sólo se correspondan las amplitudes, sino, además, la inversión de fase con la polarización. (Figura 4.14.)

Las tensiones que actúan en cada díodo son la composición las de error E'e y Ee" con las de referencia, con lo que

$$E_1 = (E_r^2 + E_e^2 + 2\,E_r\,E_e\cos\theta)^{1/2}$$

$$E_2 = (E_r^2 + E_e^2 - 2\,E_r\,E_e\cos\theta)^{1/2}$$

si la demodulación es lineal la tensión resultante de salida será

$$E_s = E_1 - E_2$$

Casos extremos son

$\theta = 0$	Si $E_e << E_r$	$E_s = 2\,E_e$
$\theta = 0$	Si $E_e >> E_r$	$E_s = 2\,E_r$
$\theta = \frac{\pi}{2}$		$E_s = 0$

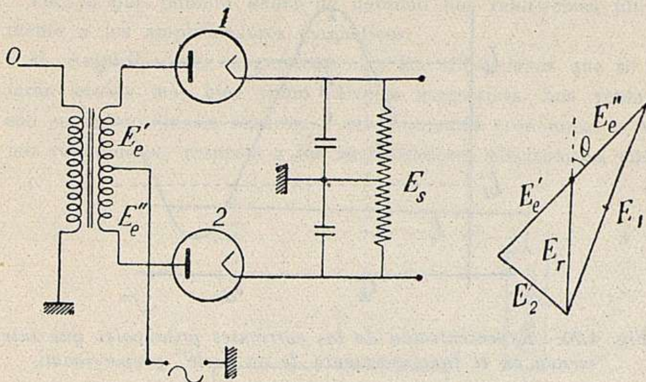


Fig. 4.14.—*Esquema de un demodulador en el que la salida depende de la fase de la señal respecto a una referencia.*

y con una inversión de la fase del error, cambia el signo de la salida.

c) Mando de los servomotores de c. c.—Los tres principales sistemas de mando de los servomotores de c. c. son:

I) Con tiratrones.

II) Con tubos de vacío.

III) Con «relés».

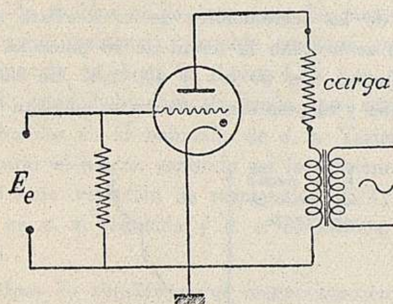


Fig. 4.15.—*Sistema de regulación de potencia mediante un tiratrón.*

I) Mando con tiratrones.—El mando con tiratrones está fundado en la conocida propiedad de todos los tubos con gas, de encenderse para cada tensión negativa de la rejilla a una determinada positiva de placa, produciéndose entonces una muy ligera caída de tensión al paso de la corriente por el tubo. Una vez que el tubo se ioniza, la rejilla pierde toda su acción sobre

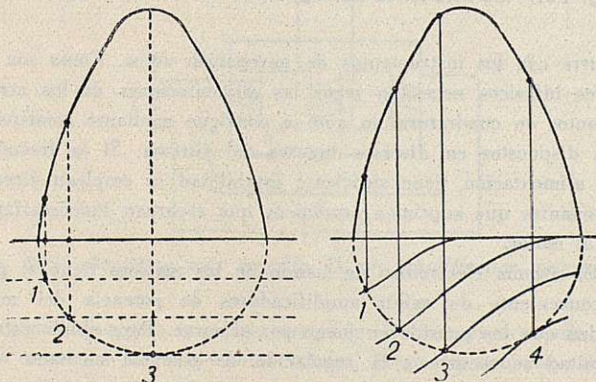


Fig. 4.16.—*Fundamentos de la regulación continua de corriente en un tiratrón.*

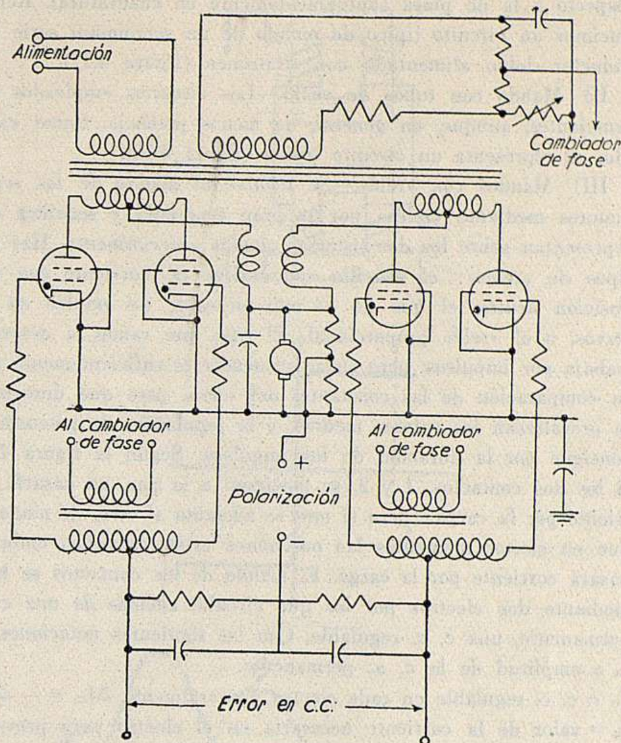


Fig. 4.17.—*Esquema de la alimentación doble onda mediante tiratrones de un motor serie con doble inductor.*

la corriente, hasta que por hacerse muy baja la tensión de placa la corriente se interrumpe.

Los fundamentos del circuito se representan en la figura 4.16. Cuando la tensión de entrada es una continua, fácil es darse cuenta que tan sólo puede regularse la potencia de un modo continuo desde plena potencia hasta media potencia, y de aquí, de un modo brusco, hasta cero, pues por la forma sinusoidal de la tensión de alimentación de la placa ésta pasa por un máximo en el punto medio del semiciclo positivo.

Puede regularse continuamente la reducción de potencia introduciendo en la rejilla una pequeña tensión de c. a. desfasada

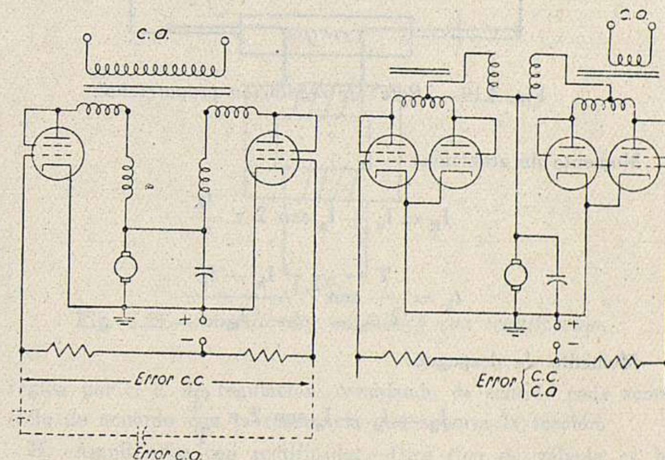


Fig. 4.18.—*Esquema de la alimentación de un motor serie con doble inductor mediante tubos de vacío.*

respecto a la de placa (aproximadamente en cuadratura). Reproducimos un circuito típico de mando de un servomotor serie con inductor doble alimentado con tiratrones (figura 4.17).

II) Mando con tubos de vacío.—Los circuitos empleados son semejantes, aunque, en general, de menos potencia. Como ejemplo, se representa un circuito típico (figura 4.18).

III) Mandos con «relé».—Se recurre al mando de los servomotores mediante «relés» por la gran economía y sencillez que representan sobre los dos sistemas citados anteriormente. Hay dos tipos de «relés»: el sencillo conmutador de corriente con una posición neutra, el que no es muy deseable de empleo en los servos, o el «relé» proporcional. El tipo que vamos a describir trabaja por impulsos, pero cuya frecuencia es suficientemente alta en comparación de las constantes del servo, para que únicamente prevalezcan los valores medios, y la regulación de potencia se consigue por la duración de los impulsos. Según la figura 4.19, si los dos contactos, 1 y 2, se moviesen a la par, no pasaría corriente por la carga; pero si uno se adelanta al otro, de modo de que en ciertos momentos las posiciones estén cruzadas, entonces pasará corriente por la carga. El mando de los contactos se hace mediante dos electros por los que circula, además de una c. a. permanente, una c. c. regulable. Con las siguientes notaciones:

I_a = amplitud de la c. a. permanente.
I_c = c. c. regulable en cada electro. Generalmente $\Delta I_{c_1} = -\Delta I_{c_2}$.
I_k = valor de la corriente necesaria en el electro para provocar la atracción del contacto, venciendo el muelle.
I_d = valor de la corriente en que se despega el contacto por la acción del muelle.

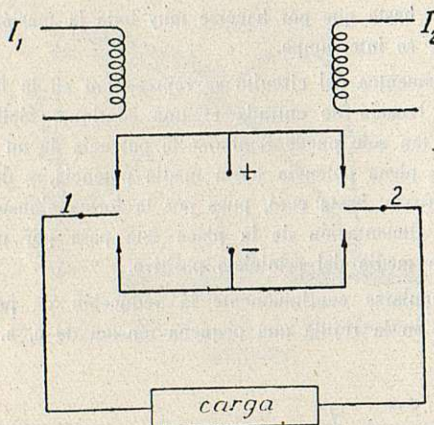


Fig. 4.19.—*"Relé" de regulación proporcional.*

Momento de atracción:

$$I_K = I_c + I_a \operatorname{sen} 2\pi \frac{t_K}{T}$$

$$t_k = \frac{T}{2\pi} \operatorname{sen}^{-1} \frac{I_k - I_e}{I_a}$$

Momento de despegue:

$$I_d = I_c - I_a \operatorname{sen} 2\pi \frac{t_d}{T}$$

$$t_d = \frac{T}{2\pi} \operatorname{sen}^{-1} \frac{I_c - I_d}{I_a}$$

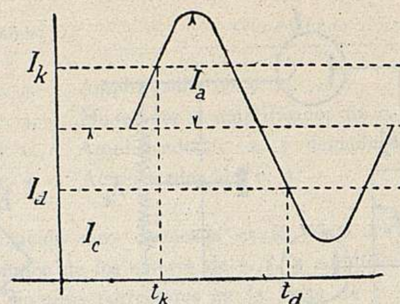


Fig. 4.20.—*Representación de las corrientes principales que intervienen en el funcionamiento de un "relé" proporcional.*

Valor medio de la corriente regulada por el «relé»:

$$I_m = \frac{I_o}{2\pi}\left[\operatorname{sen}^{-1}\frac{I_K - I_{c1}}{I_a} - \operatorname{sen}^{-1}\frac{I_a}{I_K - I_{c2}} - \operatorname{sen}^{-1}\frac{I_{c1} - I_d}{I_a} + \operatorname{sen}^{-1}\frac{I_{c2} - I_d}{I_a}\right]$$

Si I_{c_1} va aumentando en I_{c_2} disminuyendo los puntos de discontinuidad que se producen en la regulación serán

$$I_{c1} = I_d + I_a \quad \text{é} \quad I_{c2} + I_a \leqslant I_K$$

d) Mando de los servomotores de c. a.—Para el mando del motor bifásico se necesita la mitad de su potencia. Las dos frecuencias habituales son 60 c/s y 400 c/s. En las aplicaciones donde el tamaño y el peso son decisivos se emplean 400 c/s, como

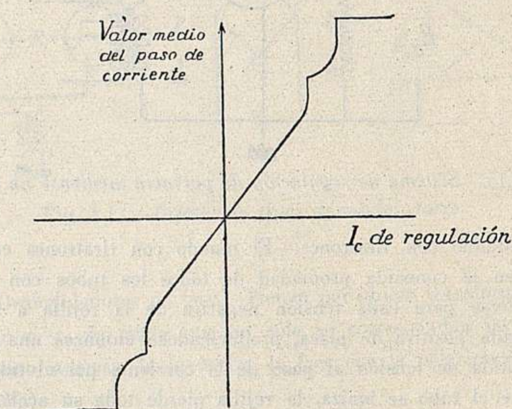


Fig. 4.21.—*Característica de regulación de un "relé" proporcional.*

ocurre con los instrumentos de navegación aérea. Como son motores bifásicos necesitan tener las alimentaciones de los arrollamientos en cuadratura, lo que se consigue mediante condensadores dispuestos en diversos lugares del sistema. Si la frecuencia de alimentación tiene suficiente estabilidad se emplean circuitos resonantes que suprimen armónicos que recargan innecesariamente al motor.

El sistema electrónico de mando de los motores tiene el grave inconveniente de exigir amplificadores de potencia del mismo orden que los puestos en juego por el servo. Para eludir esta dificultad se recurre a la regulación de potencia mediante otros sistemas (menos perfectos) como son los «relés» y los amplificadores magnéticos.

Por lo que pudiera haber de novedad nos referiremos únicamente a los amplificadores magnéticos.

e) Amplificadores magnéticos.—En las utilizaciones que se citarán actúan más bien como válvulas magnéticas. Sus ventajas son su extraordinaria robustez y ser tanto más económicos y menos voluminosos, respecto a los amplificadores electrónicos, cuanto mayor es su potencia. Las desventajas son su falta de linealidad y falta de rapidez en la respuesta. La manera usual de su empleo es como reactancia, variable en serie con la carga. El tipo más conocido es el de la figura 4.23. Los dos arrollamientos de c. a. están bobinados de modo que se neutralicen las f. e. m. inducidas en el bobinado de c. c. Variando la c. c. se consigue saturar el hierro, variando así la reactancia en c. a. Valores típicos son: variación de reactancias, 25/1; relación entre la potencia en c. a. regulada y c. c. consumida, en la relación 1/15 a 1/30.

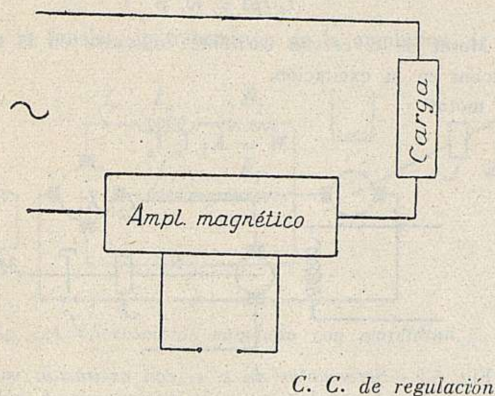


Fig. 4.22.—*Empleo de un amplificador magnético como regulador de potencia.*

Hay dos tipos de amplificadores magnéticos, cuyas teorías son completamente diferentes.

I. Amplificador sin rectificador (figura 4,24).—Sean dos núcleos idénticos con devanados idénticos, únicamente que los de corriente continua están conectados en oposición, con el fin de neutralizar las f. e. m. inducidas por la c. a. Si se suponen los hierros ideales (véase el gráfico sobre lo que es un hierro ideal), tendremos que para que haya variación de flujo es necesario que sean cero los amperio-vueltas totales, luego los amperio-vueltas de corriente alterna tienen que compensar los de continua; luego la corriente alterna de forma rectangular únicamente viene regida por c. c. de regulación, cambiando de sentido cada semiciclo de acuerdo con la reactancia que soporta la tensión.

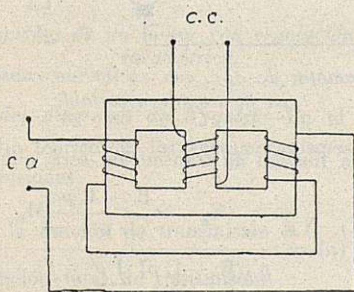
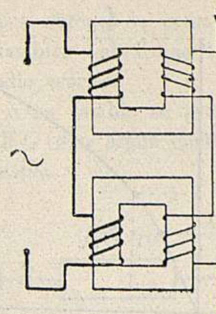
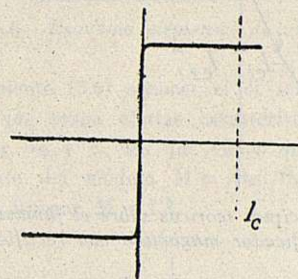


Fig. 4.23.—*Esquema más sencillo de un amplificador magnético.*





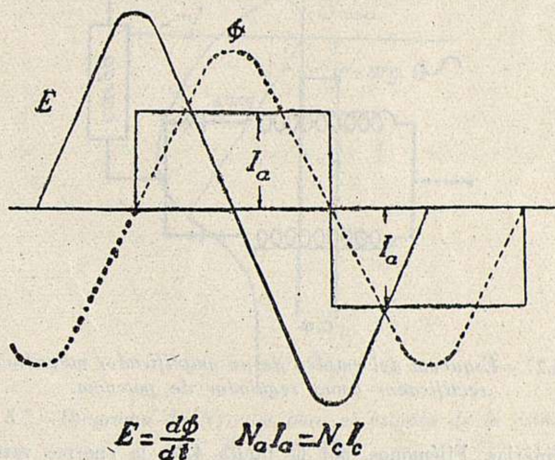


Fig. 4.24.—*Principios teóricos del funcionamiento de un amplificador magnético.*

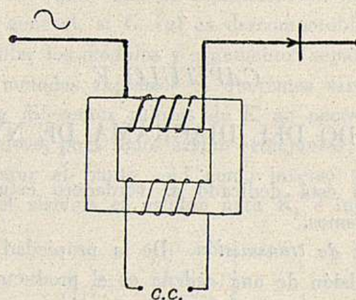


Fig. 4.25.—*Amplificador magnético con rectificación.*

II. Amplificador con rectificador.—Otro tipo de válvula es la de la figura 4.25. El rectificador sólo permite el paso de la corriente en un sentido, con lo que se logran amplificaciones ex-

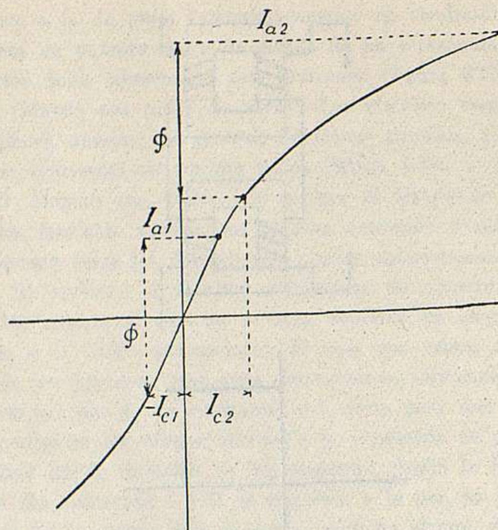


Fig. 4.26.—*Principios teóricos sobre el funcionamiento de un amplificador magnético con rectificador.*

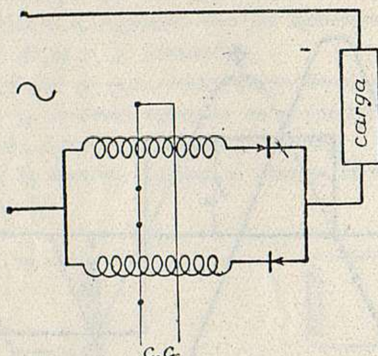


Fig. 4.27.—*Esquema del empleo de un amplificador magnético con rectificador como regulador de potencia.*

traordinarias. Fijémonos, por la figura 4.26, la enorme variación de corriente alterna para el mismo flujo entre las dos posiciones vecinas, I_{c_1} e I_{c_2}, de la corriente continua. Esquema típico con este amplificador es el de la figura 4.27.

CAPÍTULO V

TRAZADO DEL DIAGRAMA DE NYQUIST

Este capítulo está dedicado al verdadero estudio técnico de los servomecanismos.

1. *Funciones de transmisión.*—De la propiedad de que la función de transmisión de una cadena es el producto de las funciones de transmisión individuales se deduce la importancia de tener un cuadro de las más importantes.

a) Tacómetro o medidor de velocidad.—Puede ser una dínamo con polos de imán permanente. La f. e. m. de salida será, por consiguiente, proporcional a la velocidad.

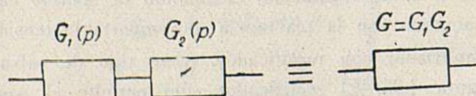


Fig. 5.1.—*Composición de las funciones de transmisión.*

$$E_s = K_t \frac{d\Theta}{dt}$$

y, por consiguiente,

$$G(p) = K_t\, p$$

b) Motor de c. c. con corriente constante en la armadura y regulación en la excitación.

Par motor

$$M = K_1 I_e I_a$$

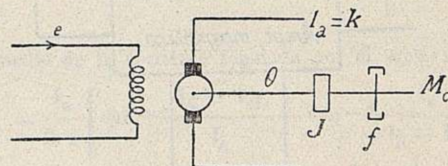


Fig. 5.2.—*Servomotor de c. c. con excitación variable.*

Ecuación dinámica.

$$M = K_1 I_e I_a = J\ddot{\Theta} + f\dot{\Theta} + M_0$$

función de transmisión con $K_m = K_1 I_a$

$$\Theta(p) = \frac{K_m I_e - M_0}{J p^2 + f p}$$

c) Motor con excitación constante y corriente de la armadura regulable.—Hay que tener en cuenta la f. c. e. m. producida por la rotación de la armadura en el campo magnético de la excitación.

$$E_a = R I_a + L \dot{I}_a + E_1 \quad ; \quad E_1 = K_1 I_e \dot{\Theta}$$

$$M = K_2 I_e I_a = J\ddot{\Theta} + f\dot{\Theta} + M_0$$

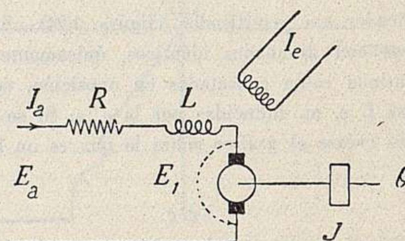


Fig. 5.3.—*Servomotor de c. c. con excitación constante y corriente en la armadura variable.*

Con lo que la función de transmisión será, eliminando I_a

$$\Theta(p) = \frac{E_a - \dfrac{R + L p}{K} M_0}{p\,[(R + L p)(J p + f) + K]}$$

d) Amplidina con motor.

Se puede escribir la siguiente serie de ecuaciones (cuando la amplidina está compensada):

$$E_1 = (R_1 + L_1 p)\, I_1$$

$$K_1 I_1 = (R_2 + L_2 p)\, I_2$$

$$K_2 I_2 = (R_3 + L_3 p)\, I_3 + K p \Theta$$

(el término $K p \Theta$ es la f. c. e. m.)

$$K_3 I_3 = J p^2 + f p) \Theta$$

eliminando las corrientes queda

$$E_1 = \frac{R_1 + L_1 p}{K_1} \frac{R_2 + L_2 p}{K_2} \left[\frac{R_3 + L_3 p}{K_3} (J p^2 + f p) + K p \right] \Theta$$

que nos da la función de transmisión de la amplidina.

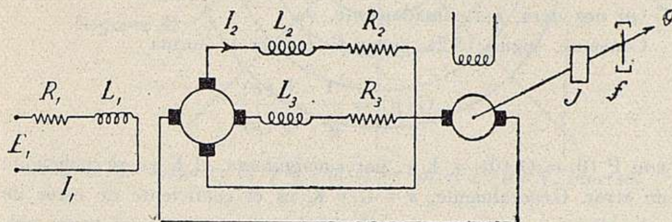


Fig. 5.4.—*Servomotor mandado con amplidina.*

e) Función de transmisión de un regulador de velocidad, siendo el par resistente constante y $\Theta = \omega$

$$K_1 \varepsilon = (L_1 p + R_1) I_1$$
$$K_2 I_1 = (L_2 p + R_2) I_2$$
$$K_3 I_2 = (I_3 p + R_3) I_3 + K_\psi \omega$$
$$M = K_m I_3 = M_0 + J p \omega$$

De este conjunto de ecuaciones puede deducirse con facilidad la función de transmisión.

$$G(p) = \frac{\omega(p)}{\varepsilon(p)}$$

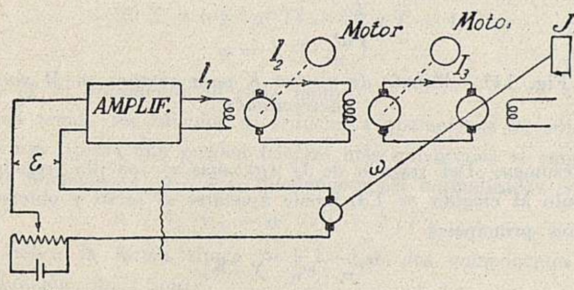


Fig. 5.5.—*Esquema de un motor con regulación de velocidad tacométrica.*

2. *Trazado del diagrama de Nyquist.*—En el capítulo 3, dedicado al estudio teórico de los servomecanismos llegamos a las siguientes conclusiones:

a) Conocida la función de transmisión $K G \ (p) = \frac{\Theta_s}{\varepsilon}$ puede obtenerse la función total de transmisión

$$\frac{\Theta_s}{\Theta_e} G_0(p) = \frac{K G(p)}{1 + K G(\upsilon)}$$

Escribimos a partir de ahora $K G(p)$ en lugar de simplemente $G(p)$ porque, en general, en el amplificador o en otro lugar conveniente del servo está provisto de potenciómetros para regular la ganancia, y en el ajuste práctico de cualquier servo se regula el valor K hasta obtener la actuación óptima del servo, y, por consiguiente, también habrá que tener presente esta circunstancia en su estudio teórico.

b) Si el servo es o no estable se averigua trazando el diagrama de Nyquist de $K G(p)$ y según encierre o no el punto —1, el servo es o no inestable.

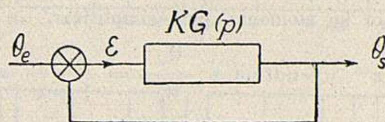


Fig. 5.6.—*Esquema elemental de un servo.*

c) No es suficiente (3.6) conocer si el servo es estable; es, además, preciso que tenga ciertas características de actuación, que definimos por ω_m y c., las que vimos que pueden inferirse del comportamiento del módulo $M = |\Theta_s|/|\Theta_e|$. Vimos que un valor práctico era ajustar M = 1'3.

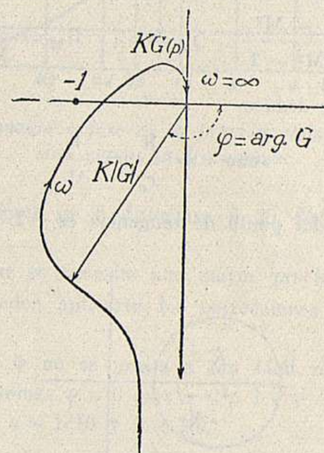


Fig. 5.7.—*Diagrama de Nyquist para el estudio de la estabilidad de un servo.*

I) El problema del trazado de la representación de $K G(p)$ no ofrece dificultad, excepto por lo laborioso que pueda resultar. Para ello hay que calcular separadamente $K \mid G(\omega) \mid$ y arg. $G(\omega j)$, y, en general, si $G(p)$ es descomponible en factores es preferible calcular los módulos y argumentos separadamente. (Después veremos métodos rápidos.) Si queremos saber si el sistema es estable para diferentes valores de K no necesitamos trazar el diagrama de nuevo, pues todos serían semejantes; únicamente nos bastará considerar el punto —1 como inverso a K. Así, según la figura 5.8 el sistema es estable para K_1 e inestable para K_2.

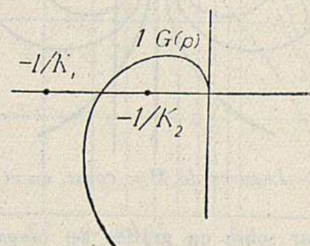


Fig. 5.8.—*Estudio de la estabilidad de un servo al variar K, trazando solamente una vez G(ω j)*

II) El trazar

$$\frac{\Theta_s}{\Theta_e} = \frac{K\,G\,(p)}{1 + K\,G\,(p)}$$

para cada valor de K, para ver si el máximo de M = 1'3 sería horriblemente pesado. Para evitarlo se recurre al siguiente procedimiento:

Llamemos por un momento, para simplificar,

$$\frac{\Theta_s}{z} = z \quad \text{y tendremos} \quad \frac{\Theta_s}{\Theta_e} = \frac{z}{1+z} = M\,e^{j\psi}$$

luego a cada valor de z le corresponde uno de M y de ψ. Podemos ahora hacer la inversa: hallar el lugar geométrico de M constante. Tenemos (con $z = x + jy$)

$$M^2 = \frac{x^2+y^2}{(x+1)^2+y^2}; \quad y^2 + \left(x + \frac{M^2}{M^2-1}\right)^2 = \frac{M^2}{(M^2-1)^2}$$

e identificando con la ecuación de un círculo $(x - x_c)^2 + (y - y_c)^2 = R^2$ se tiene

$$x_c = \frac{-M^2}{M^2-1}; \quad y_c = 0; \quad R_M = \frac{M}{M^2-1}$$

De la figura se deduce

$$\text{sen}\ \alpha = \frac{R}{x_c} = \frac{1}{M}$$

y la proyección del punto de tangencia es -1.

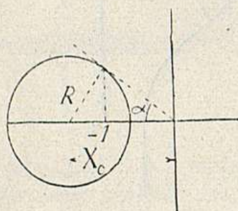


Fig. 5.9.—*Construcción gráfica para el trazado de los círculos de M = const. del D. de N.*

Como vemos, el trazado de los lugares M es muy sencillo:

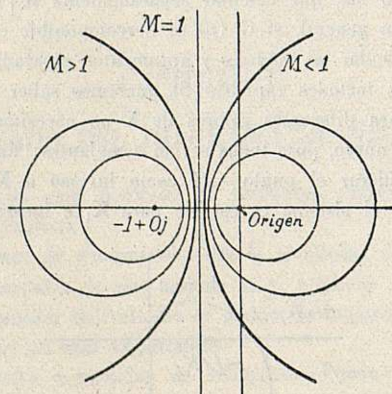


Fig. 5.10.—*Lugares de M = const. en el D. de N.*

Podríamos trazar sobre un gráfico así preparado la representación KG ($j\omega$) y ajustar K hasta obtener como máximo de M ≈ 1'3 (es decir, KG ($j\omega$) tangente al círculo M = 1'3).

Tampoco esta vez es necesario trazar con varias K; basta reducir el diagrama en proporción. Trazamos (figura 5.11) G (p) y la línea de sen $\alpha = \frac{1}{M}$. Se busca, por tanteos, el círculo que teniendo su centro en el eje real sea a la vez tangente a la línea G (p) y α. La proyección sobre el eje real del punto de tangencia en la recta α será $\frac{1}{K}$, para tal M. El punto de tangencia con G (p) nos dará, aproximadamente, ω_n.

Conviene, según (3.2), poner G (p) en la forma

$$G\,(p) = \frac{1}{p^s}\,\frac{P\,(p)}{Q\,(p)}$$

con P (0 = Q (0) = 1, y, por consiguiente, el K es el coeficiente de error. Generalmente, $s = 1$, y K es el coeficiente de error de velocidad, es decir, a una velocidad de entrada ω_e el error permanente es

$$\varepsilon = \frac{|\omega_e|}{K_v}$$

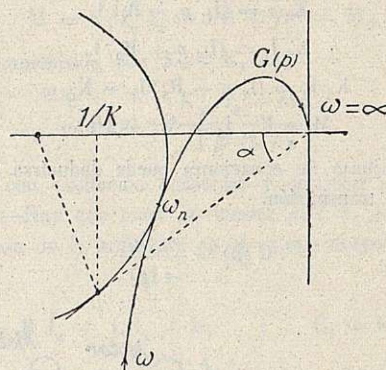


Fig. 5.11.—*Método de ajustar K para obtener un M max determinado.*

Resumen.—Del trazado de G (p), más el sencillo trazado del círculo M elegido ≈ 1'3) puede ajustarse el servo y obtener los valores principales

$$c_1, \quad \omega_n \quad y \quad K_v$$

que caracterizan la actuación del mismo.

III) Diagrama inverso de Nyquist.

La relación

$$\frac{\Theta_s}{\Theta_e} = \frac{K\,G}{1 + K\,G}$$

puede también escribirse en la forma

$$\frac{\Theta_s}{\Theta_e} = \frac{1}{1 + K^{-1}\,G^{-1}}$$

la ventaja en este caso es que trazando K^{-1} G^{-1} las líneas de M constante son círculos de centro en -1 y radio $\frac{1}{M}$

El ajuste puede realizarse siguiendo los mismos métodos.

3. *Curvas db y φ versus log. ω.*—Acabamos de ver que toda la labor para el estudio práctico de los servos queda reducida al

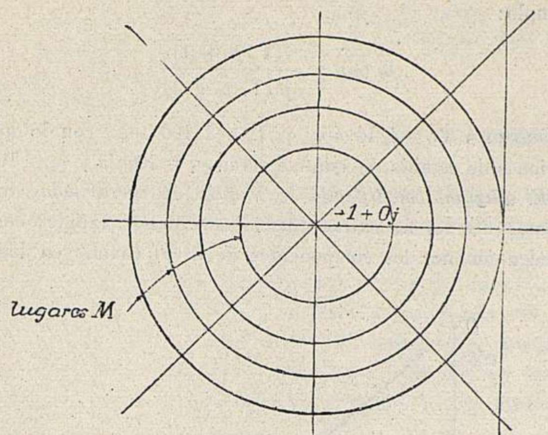


Fig. 5.12.—*Lugares M y ψ constante en el D. de N. inverso.*

trazado de G ($j\omega$). Pero esta operación, en cuanto G (p) no es muy sencilla, es laboriosa, y más si tenemos presente que siempre habrá que hacer múltiples tanteos de acuerdo con los posibles ajustes del sistema antes de dar la tarea por terminada. Afortunadamente, puede recurrirse a otras presentaciones de los cálculos que simplifican extraordinariamente la labor.

Generalmente, la función de transmisión G (p) es el resultado de una cadena, y, por consiguiente, la función G (p) se presenta desde un principio en la forma de un producto

$$G(p) = \Pi\,(T_n\,p + 1)^{\pm 1}\,(T^2 p^2 + 2\,c\,T\,p + 1)^{\pm 1}$$

Si tomamos logaritmos, quedan netamente separadas las características de atenuación y fase. Para acercarnos más aún a la teoría de circuitos podemos medir las atenuaciones en *db*. Así tendremos.

$$db = 20 \log |G(j\omega)| = 20\,\Sigma\,(\pm) \log |p + 1| +$$
$$+ 20\,\Sigma \pm \log |p^2 T^2 + 20\,p\,T + 1|$$
$$\varphi = \Sigma \pm \varphi_n$$

siendo φ el argumento de cada factor.

Como vemos, los cálculos se reducen a operaciones de adición de formas típicas que pueden hacerse más universales si empleamos la notación (1) $u = \omega T$, quedándose así normalizadas en

$$u + 1 \quad \text{y} \quad -u^2 + 1 + 2\,j\,c\,u.$$

a) Sobre la forma típica $ju + 1$.—Las dos componentes de esta función típica son:

$$db = 20 \log \sqrt{u^2 + 1}\,; \quad \varphi = g^{-1}\,u$$

u	db	φ	correc. db
1/4	0,3	14°	0,3
1/2	1	26,6°	1,
1	3	45°	3
2	7	63,4°	1
4	12,3	76°	0,3

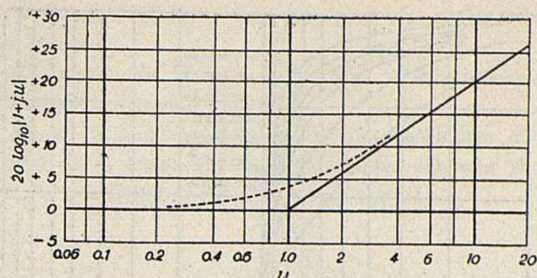
y la representación gráfica en escala log. u.

De la representación gráfica se deducen las siguientes consecuencias de índole práctica:

1.ª La curva *db* puede asimilarse a sus dos rectas asíntotas; para

$$u << 1\,; \quad db = 0 \text{ (línea horizontal)}$$
$$u >> 1\,; \quad db = 20 \log u$$

(1) Recordemos $p = \omega j$.



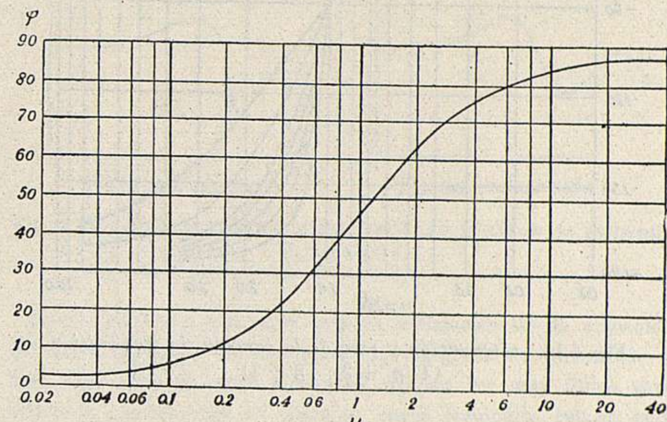


Fig. 5.13.—*Atenuación y fase de la función elemental de transmisión versus la frecuencia.*

(línea con pendiente de 6 db/octava ó 20 db/década y origen en $u = 1$).

En caso de que se necesite una mayor precisión en el entorno de $u = 1$ pueden aplicarse las correcciones de la tabla anterior.

2.ª La línea φ no se presta a tan fácil representación, teniendo como asíntomas $\varphi = 0$ para $u << 1$ y $\varphi = 90°$ para $u >> 1$ (prácticamente $u = 1/10$ y $u = 10$).

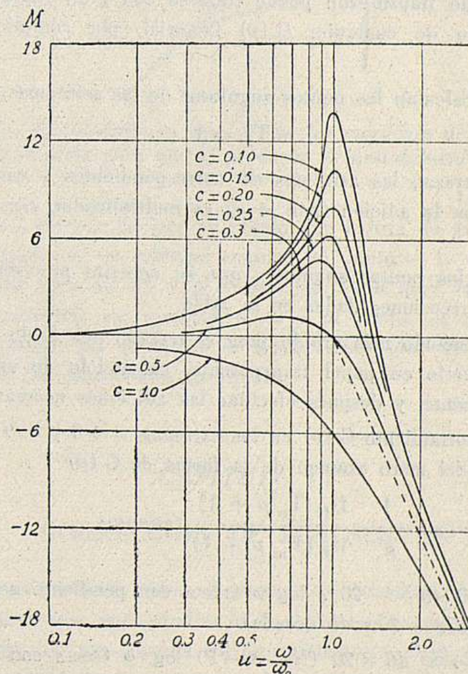


Fig. 5.14.—*Parte superior.*

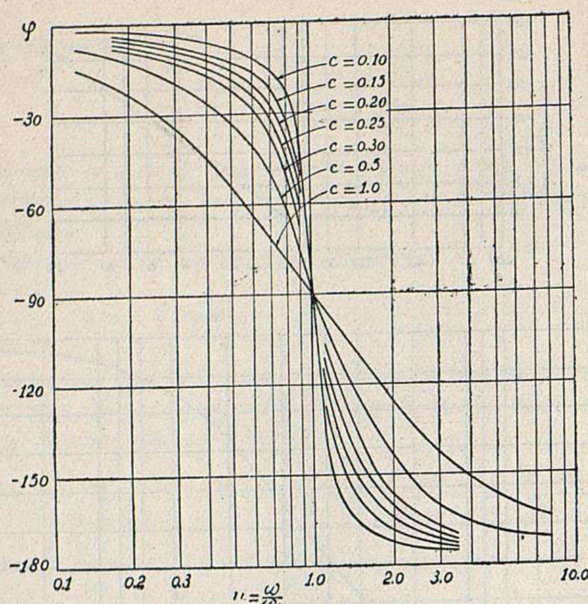


Fig. 5.14.—*Atenuación y fase de la función de transmisión* $(T^2 p^2 + 2\,c\,Tp + 1)$.

b) Curva típica $-u^2 + 1 + 2\ cju$.—Sus dos componentes son

$$db = 20 \log \sqrt{(1 - u^2)^2 + (2\,c\,u)^2} \qquad \varphi = tg^{-1} \frac{2\,c\,u}{1 - u^2}$$

Las curvas de representación son más complicadas, y admiten las asíntotas.

$$db = \begin{matrix} 20 \,.\, \log u \\ o \end{matrix} \quad ; \quad \varphi = \begin{matrix} \pi \\ o \end{matrix} \quad \text{para} \quad \begin{matrix} u >> 1 \\ u >> 1 \end{matrix}$$

Mediante el conocimiento de las últimas propiedades de las funciones de transmisión puede trazarse con gran rapidez la representación de cualquier G (p) factorial, por complicada que sea.

1.º Se calculan los puntos angulosos de las asíntomas, es decir,

$$\omega\, T_c = 1$$

2.º Se trazan las asíntotas *db* correspondientes a cada factor, y se efectúa la adición (con + si es multiplicador, con — si es divisor).

3.º En los puntos angulosos que se necesite precisión se hacen las correcciones dadas en la tabla

4.º El método más rápido para el trazado del φ de cada factor es hacerlo en papel transparente, calcándolo de una plantilla permanente, y después efectuar las adiciones necesarias.

El comportamiento G (p) en los extremos $\omega \to 0$ y $\omega \to \infty$ puede deducirse del mero examen de la forma de G (p)

$$\text{Si } G(p) = \frac{1}{p^s} \frac{\Pi_N (T_n\, p + 1)}{\Pi_P (T_m\, p + 1)} \text{ tenemos}$$

para $\omega \to 0$ $db = -20\ s \log \omega$ (recta con pendiente negativa de $6.s$ *db*/octava ó $20.s$ *db*/década).

Para $\omega \to \infty$ $db = 20\,(N - s - P) \log. \omega$ (recta con pendiente de $6\,(N - s - P)$ *db*/octava ó $20\,(N - s - P)$ *db*/década.

Ejemplo:

$$G(p) = \frac{(T_1\, p + 1)}{p\,(T_2\, p + 1)}$$

Supongamos $T_1 = 1/10$ seg. y $T_2 = 1/100$ seg., con lo que las pulsaciones de cambio de asíntota serán $\omega_1 = 10\ c/s$ y $\omega_2 = 100\ c/s$.

4. *El diagrama modificado de Nyquist en coordenadas* db *y* φ. Acabamos de ver la extraordinaria sencillez y rapidez con que se pueden obtener los componentes de G (p) cuando en lugar de

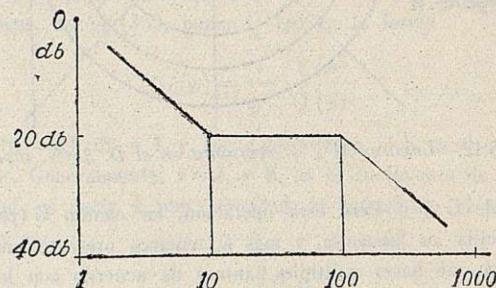


Fig. 5.15.—*Ejemplo del trazado de la atenuación y fase de una función de transmisión compuesta.*

trabajar con tal función trabajamos con su transformada log. G (p); por consiguiente, será de gran utilidad realizar la misma transformación con el diagrama de Nyquist, o, mejor dicho, de sus líneas fundamentales M y ψ. Tenemos desde un principio.

$$\frac{\Theta_s}{\Theta_e} = \frac{G}{1 + G} = M\, e^{j}\, \psi$$

y ahora nos interesa saber los lugares de M y ψ constante en el plano de $db = \log. G$ y $\varphi = \arg. G$.

Tenemos

$$\frac{/G/\ e^{j} \varphi}{1 + /G/\ e^{j} \varphi} = M\, e^{j} \psi$$

e igualando módulo y argumento de ambos miembros obtenemos como curvas paramétricas para el trazado de los lugares M y ψ

$$db = 20 \log. \left(\frac{-\cos\varphi \pm \sqrt{\cos^2\varphi - 1 + M^{-2}}}{1 - M^{-2}} \right)$$

$$db = 20 \log. \frac{\operatorname{sen}(\varphi - \psi)}{\operatorname{sen}\psi}$$

Observemos de la misma definición de M y ψ que cuando $/G/ << 1$ se tiene $M \approx /G/$ y $\psi \approx \varphi$.

Si se tiene una plantilla de este sistema de curvas se facilita extraordinariamente el estudio práctico de los servos. (Fig. 5.-16.)

Marcha de los cálculos.

1.º Se traza *db* y φ versus log. ω por los procedimientos citados.

2.º Se traza el lugar G ($j\omega$) en coordenadas *db* y φ tomando los valores que corresponden a cada ω, y preferiblemente en papel transparente.

3.º Se traslada este papel transparte sobre la plantilla donde está trazado el sistema M, ψ (en las mismas escalas *db* y φ).

4.º Se ajusta KG (ω), trasladando el transparente hasta conseguir que la línea M prefijada ($M \approx 1{,}3$ ó 2,28 *db*) sea tangente a la trazada G. El desplazamiento realizado es la medida de K en *db*.

5.º El punto de contacto nos da la ω_n correspondiente, y, por consiguiente, el tiempo de formación de la señal.

6.º Conociendo K es inmediato calcular K_v ó K_a.

7.º De la posición obtenida en 4.º pueden tomarse los valores de M y ψ para diferentes log. ω, y trazar así la función de transmisión total del servo (Θ_s/Θ_e).

Es interesante trazar estas curvas antes de considerar como definitivos los cálculos, pues se puede poner de manifiesto comparándolas con las de la función de transmisión típica si en realidad es éste el término predominante. Si no lo fuera no podrán darse por definitivos los resultados obtenidos. (Figura 5.17.)

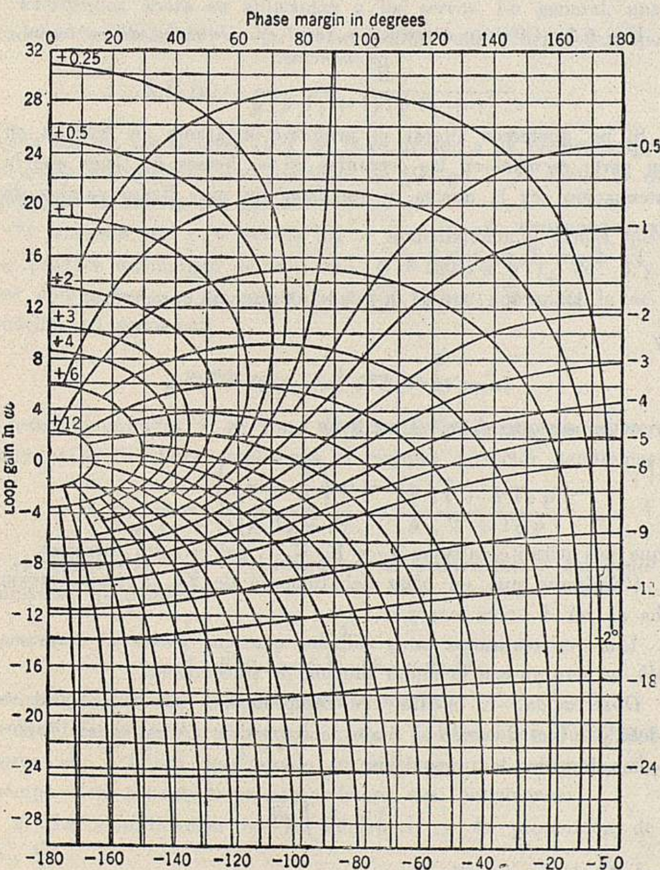


Fig. 5.16.—*Plantilla del D. de N. para el trazado en* db *y* φ *de las funciones de transmisión y obtención directa de M y* ψ.

Observaciones prácticas.—Con un poco de entrenamiento se pueden suprimir:

1.ª El trazado de M y ψ versus log. ω substituyéndolo por mera inspección del plano *db*, φ.

2.ª En los primeros tanteos puede aún suprimirse el trazado de G ($j\omega$) en el plano *db*, φ, reduciéndose entonces el estudio del trazado asintótico de *db* y φ versus log ω.

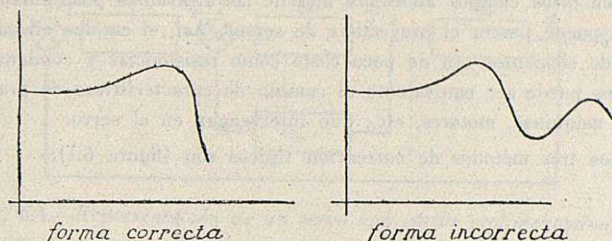


Fig. 5.17.—*Formas correcta e incorrecta de la curva de respuesta* $\Theta_s(\omega)/\Theta_e(\omega)$.

Puede obtenerse una muy grosera estimación de la actuación del servo mediante los conceptos de márgenes de atenuación y fase. Sin embargo, estos conceptos pueden ser muy útiles para evitar la continuación de cálculos, cuyos resultados estaría muy lejos de las condiciones prefijadas para la actuación del servo objeto del estudio.

Se llama margen de atenuación el número de *db* que habría que aumentar para que el servo arrancase a oscilar. Es decir, la distancia en *db* entre el punto A y el punto — 1 del D. de N. (Figura 5.18.)

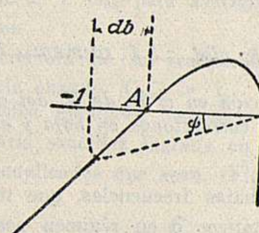


Fig. 5.18.—*Representación que define los márgenes de atenuación y fase de un servo para que se produzca la inestabilidad del mismo.*

Se llama margen de fase el ángulo que habría de girar el punto 0 *db* para que se colocase encima del punto — 1.

Teniendo trazados *db* y φ versus log. ω es muy fácil evaluar que K producirá, por ejemplo, 3 *db* ó 20 grados de margen. De las magnitudes así obtenidas se puede tener idea de si se está dentro de las condiciones prefijadas.

CAPÍTULO VI

CORRECCIÓN DE LOS SERVOS

1. *Consideraciones sobre el empleo de circuitos correctores.*—Un ingeniero que esté estudiando la actuación de un servo puede encontrarse con que aquélla no es satisfactoria. Bien porque aun estando en período de proyecto, o bien porque está ajustando ele-

mentos como máquinas, motores, etc., ya existentes, puede suceder que las consecuencias económicas de la modificación de las constantes de las máquinas, etc., hagan prácticamente irrealizable el diseño. Pero es más: aunque la situación no fuese tan extremada pueden concurrir otras circunstancias de peso, volumen, etcétera, que hagan deseable buscar otras soluciones técnicas, y, en efecto, la técnica de los circuitos correctores, tan desarrollada ya en otros campos afines, es una de las atrayentes posibilidades que puede poseer el proyectista de servos. Así, el empleo adecuado de elementos tan de poco coste como resistencias y condensadores puede ser equivalente al cambio de características de grandes máquinas, motores, etc., que intervengan en el servo.

Los tres métodos de corrección típicos son (figura 6.1):

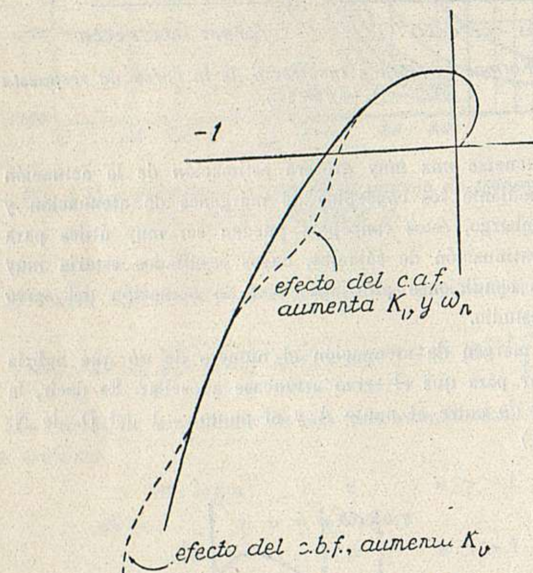


Fig. 6.1.—*Representación en el D. de N. del efecto que producen en un servo las correcciones en baja y alta frecuencia.*

I) Corrección en bajas frecuencias, que tiene por objeto reducir los errores estáticos o en régimen permanente. Se llama también corrección por la integral. Su filosofía es que, además de la acción correctiva del error se añade una magnitud proporcional a la integral del mismo; con ello se logra que cualquier error permanente que pudiera presentarse haga aumentar indefinidamente su acción correctora a través de la integral.

II) La corrección en altas frecuencias mejora en general a la vez todas las características de actuación del servo, reduciendo sus errores dinámicos, aumentando la rapidez de respuesta, suprimiendo oscilaciones, etc. Se llama también corrección por derivada del error o anticipatoria, pues permite a la acción correctiva adelantarse a la acción principal.

III) La corrección por realimentaciones parciales es un método extraordinariamente potente y que exige un muy delicado estudio en sus aplicaciones, y su objeto es múltiple.

2. *Corrección de bajas frecuencias.*—Si en la cadena G (p) introducimos un circuito como el de la figura 6.2 tendremos

$$e_1 = e_2 + \frac{e_2}{R_2 + \frac{1}{Cp}} R_1 = \frac{1 + (R_1 + R_2) C p}{1 + R_2 C p}$$

es decir, el nuevo factor en la cadena de transmisión será

$$\frac{e_2}{e_1} = \frac{1 + T_c p}{1 + A T_c p} \quad \text{con} \quad A = \frac{R_1 + R_2}{R_2} \quad \text{y} \quad T_c = R_2 C.$$

Supongamos ahora que tuviésemos un servo de función de transmisión KG (p) ya ajustado, es decir, que su actuación ya está caracterizada por K_v, ω_n y c. Ahora introducimos el circuito corrector y la nueva función de tranmisión será

$$\overline{K}_v \frac{1 + T_c p}{1 + A T_c p} G(p)$$

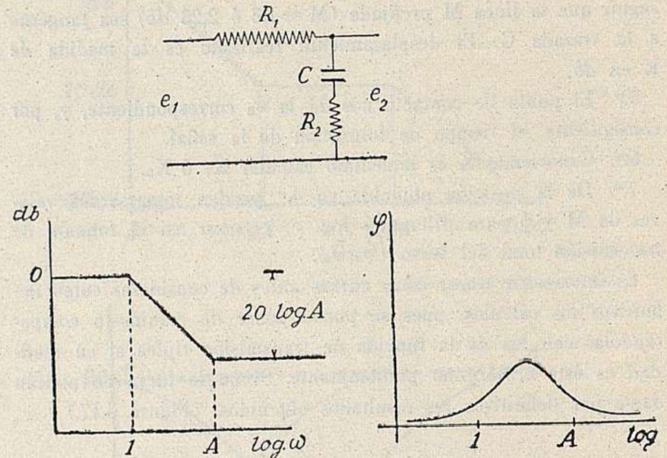


Fig. 6.2.—*Circuito corrector y corrección introducida en bajas frecuencias.*

Si no queremos alterar el primitivo diagrama de Nyquist en su parte esencial en las cercanías de ω_n hemos de tener que la atenuación sea la misma, y que haya un muy ligero cambio de fase, pongamos φ_0.

Es decir, $T_c \omega_n >> 1$ y

$$K_v = \overline{K}_v / A \quad \text{ó} \quad \overline{K}_v = K_v A \quad \text{(acción correctora)}$$

y

$$\varphi_0 = tg^{-1} A T_c \omega_n - tg^{-1} T_c \omega_n$$

y como siempre $A >> 1$ se tiene

$$T_c \omega_n = tg\left(\frac{\pi}{2} - \varphi_0\right)$$

que nos permite calcular T_c y R_1 R_2 C del circuito corrector.

(Obsérvese que en pago del aumento de K_v la amplificación ha de ser A veces mayor.)

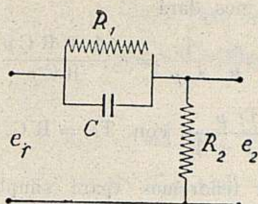
Una vez realizados estos cálculos conviene volver al diagrama *db*, φ pero ya con la nueva función de transmisión.

Observación.—El nombre de comprobación por la integral es debido a que llevando al límite la corrección $(A \to \infty)$ tendríamos como función de transmisión

$$1/p \equiv \int dt$$

en el cálculo operacional.

3. *Corrección en altas frecuencias.*—El circuito de corrección es el de la figura 6.3 con la función de transmisión.



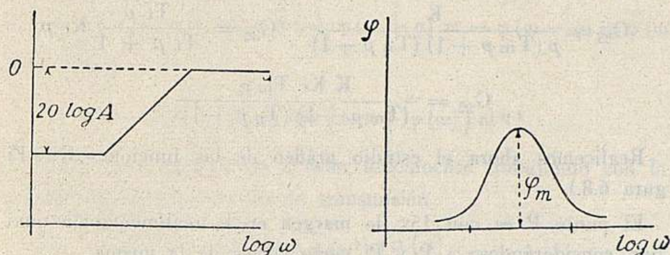


Fig. 6.3.—*Circuito y corrección introducida en altas frecuencias.*

$$e_1 = e_2 + \frac{e_2}{R_2}\,\frac{R_1 \frac{1}{C p}}{R_1 + \frac{1}{C p}} = e_2\,\frac{R_2 + R_1 R_2 C p}{R_1 R_2 C p + R_1 + R_2}$$

$$\frac{e_2}{e_1} = \frac{1}{A}\,\frac{1 + A\, T_c\, p}{1 + T_c\, p} \text{ con } T_c = \frac{R_1 R_2 C}{R_2 + R_1} \text{ y } A = \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$

Estudiemos ahora su aplicación a los servos. En general, una cadena de elementos con un motor produce una función del tipo

$$K\,G(p) = \frac{K}{p\,(p\,T_1 + 1)\,(p\,T_2 + 1)\ldots}$$

cada uno de los factores ($p\,T + 1$) es debido a un elemento que acumula energía con una constante de tiempo T. El factor p es debido a la inercia del motor.

Si trazamos *db* y φ versus log ω inmediatamente vemos que se produce un margen de fase cero ($\varphi = 180°$) a $\varphi\, T_1 \approx 3$ y, por consiguiente, es la constante mayor la que determina la actuación del servo con

$$\omega_n \approx \frac{3}{T_1} \quad \text{y} \quad K_v = \frac{9}{T_1}$$

y estas magnitudes, si se trata de grandes máquinas, pueden ser muy bajas. Si ahora empleamos el circuito corrector, tendremos

$$K\,\frac{1}{p\,(p\,T_1 + 1)\,(p\,T_2 + 1)\ldots} \cdot \frac{1}{A}\,\frac{1 + A\,T_c\,p}{1 + T_c\,p}$$

y si hacemos $A\,T_c = T_1$ desaparece el primer factor del denominador, quedando

$$\frac{K}{A}\,\frac{1}{p\,(p\,T_2 + 1)\cdot(p\,T_c + 1)}$$

escogiendo un valor para T_c que no estorbe.

Si T_2 fuese todavía demasiado grande podíamos introducir otra corrección e ir así desplazando sucesivamente las constantes de tiempo. Este proceso tiene, sin embargo, sus limitaciones:

a) La amplificación ha de aumentar en la proporción de $A_1, A_2\ldots$

b) La anchura de banda del amplificador tiene que ir creciendo, y, por consiguiente, aumenta el efecto del ruido de fondo del filtrado de la alimentación, etc.

Cuando se trata de sacar el mayor partido de una sola corrección, o se conocen experimentalmente las curvas *db*, φ, puede hacerse la corrección empíricamente, trabajando sobre las curvas directamente mediante tanteos.

4. *Realimentación múltiple.*—La figura 6.4 nos muestra un servo con doble realimentación. La realimentación parcial entre

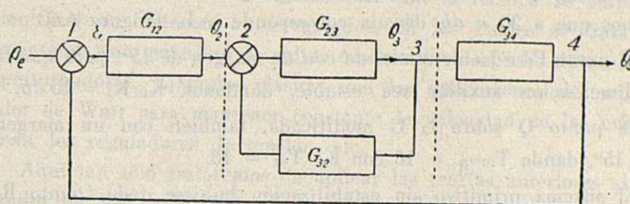


Fig. 6.4.—*Representación de un servo con varias realimentaciones.*

2-3 modificará extraordinariamente las cualidades del servo. La función de transmisión equivalente entre los puntos 2 y 3 será:

$$(\theta_2 - G_{32}\,\theta_3)\,G_{23} = \theta_3)\,; \quad \frac{\theta_3}{\theta_2} = \frac{G_{23}}{1 + G_{23}\,G_{32}}$$

En cuanto a la función de transmisión será

$$G = \frac{\theta_s}{\varepsilon} = G_{12}\,\frac{G_{23}}{1 + G_{23}\,G_{32}}\,G_{34} = \frac{G_{12}\,G_{23}\,G_{34}}{1 + G_{22}}$$

con

$$G_{22} = G_{23}\,G_{32}$$

Tengamos presentes las siguientes consideraciones:

1. Al trazar el diagrama de Nyquist hay que investigar previamente si G tiene polos en la derecha del plano; para ello se traza el diagrama de $1 + G_{22}$ para averiguar si tiene ceros en el semiplano derecho.

2. La acción correctora de la realimentación parcial únicamente se hace sentir cuando $|G_{22}| > 1$.

Ejemplos.—Con estos ejemplos tratamos de poner de manifiesto la extraordinaria sencillez lograda en el estudio y diseño de los servos por complicados que sean. (Figura 6.5.)

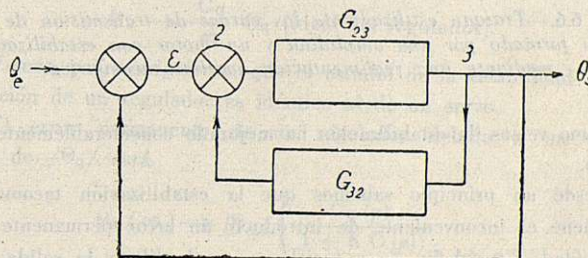


Fig. 6.5.—*Servo con realimentación auxiliar tacométrica.*

Estudiemos un servo compuesto de un amplificador, una amplidina y un motor. La función de transmisión sería, según (5.1)

$$G_{23} = \frac{K}{p\,(p\,T_m + 1)\;p\,T_q + 1)}$$

siendo T_m la constante combinada de amplidina y motor y T_q la del campo en cuadratura ($T_m \approx 1\, o\, T_q$).

Para estabilizar el servo emplearemos un tacómetro introduciendo una realimentación auxiliar, con lo que

$$G_{32} = K_t\, p$$

y la G compuesta será

$$\frac{\Theta_s}{\varepsilon} = \frac{G_{23}}{1 + G_{22}} \text{ con } G_{22} = \frac{K K_t}{(p T_m + 1)(p T_q + 1)}$$

Trazaremos ahora el gráfico *db* versus log. ω T_m, considerando innecesario en estos primeros tanteos trazar φ, pues por la inclinación de las asíntotas podemos juzgar la marcha de φ (Sabemos que a 20 *n db*/década corresponde *n* L. (Figura 6.6.)

El punto P se ha determinado con un margen de 15°, para que la realimentación auxiliar sea estable, dándonos $K_m K_t = 40$ *db*.

El punto Q sobre la G modificada, también con un margen de 15°, dando $T_m \omega_n = 18$ con $K_v T_m = 18$.

El sistema primitivo sin estabilización hubiese dado (punto R) $\omega_m T_m = 2$ y $K_v T_m = 5.5$. (Punto S.)

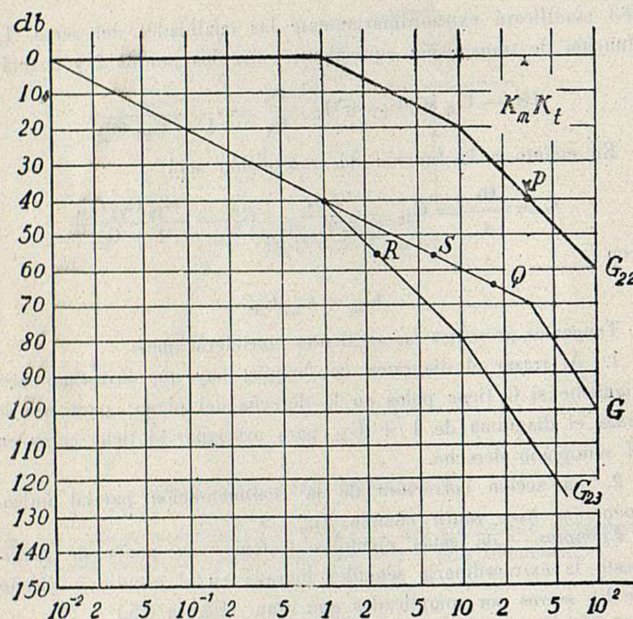


Fig. 6.6.—*Trazado estilizado de las curvas de transmisión de un servo formado por una amplidina y un motor con estabilización mediante una realimentación auxiliar tacométrica.*

Como vemos, la estabilización ha mejorado considerablemente el servo.

Desde un principio sabemos que la estabilización tacométrica tiene el inconveniente de introducir un error permanente de velocidad. Con el fin de reducirlo se puede filtrar la salida del tacómetro con un filtro paso alto, que bloqueará las señales del régimen permanente.

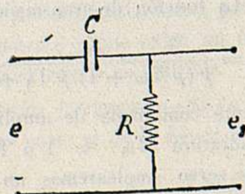


Fig. 6.7.—*Filtro del tacómetro aplicado en el servo estudiado con el fin de disminuir los errores permanentes.*

El filtro del tacómetro nos dará

$$e_1 = e_2 + \frac{e_2}{R} \frac{1}{C p} = e_2 \frac{1 + R C p}{R C p}$$

$$\frac{e_2}{e_1} = \frac{T_f p}{T_f p + 1} \quad \text{con} \quad T_f = R C.$$

Introduciendo el filtro tendremos (para simplificar haremos $T_f = T_m$)

$$G_{23} = \frac{K}{p (T_m p + 1)(T_q p + 1)} \qquad G_{32} = \frac{T_f p}{T_f p + 1} K_t p$$

$$G_{22} = \frac{K K_t T_m p}{(T_m p + 1)(T_q p + 1)}$$

Realicemos ahora el estudio gráfico de las funciones G. (Figura 6.8.)

El punto P es con 15° de margen en la realimentación auxiliar, considerándose a P y P' como cortes de la misma.

El punto Q tiene un margen de 15° y da $T_m \omega_n = 10$; pero se obtiene un punto T que da $K_v T_m = 550$, es decir, cien veces más que en el sistema primitivo.

Si se quisiese una mayor precisión en estas estimaciones, se trazarían las curvas *db* y φ versus log. ωT_m, y después el diagrama, φ con los lugares M y ψ.

5. *Servomecanismos con corriente alterna.*—Hasta ahora todos los tipos de servos estudiados han sido empleando circuitos de corriente continua, bien porque el servo emplea elementos trabajando todos con corriente continua o porque mediante un demodulador la corriente alterna se transformó en corriente continua en los circuitos que forman la G (*p*).

Sin embargo, es tan grande la sencillez de los motores de corriente alterna, que se prefiere que en muchas ocasiones todo el servo trabaje con una portadora de 60 ó 400 c/s.

Afortunadamente, el trabajar con una portadora no modifica esencialmente la teoría hasta ahora expuesta. Supongamos una portadora modulada

$$2 \cos \omega t \, e^{j q t} = e^{j (q + \omega) t} + e^{j (q - \omega) t}$$

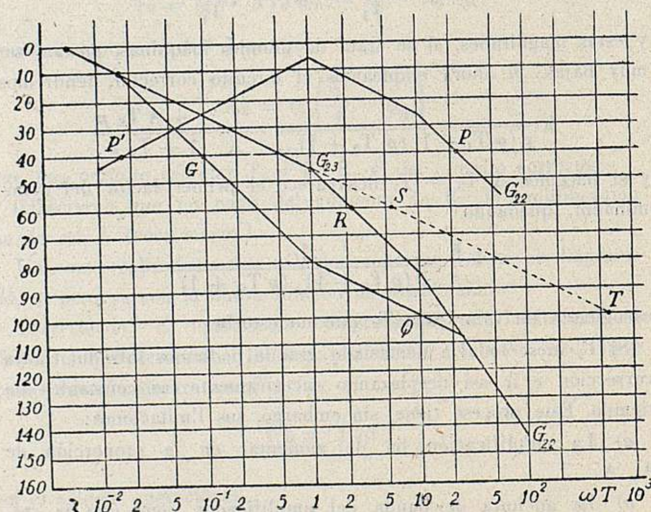


Fig. 6.8.—*Curvas de transimisión del servo estabilizado con tacómetro y filtro.*

que pasa a través de un filtro cuya función de transmisión sea

$$G(p) = A(q)\, e^{j\varphi(q)}$$

se tendrá a la salida

$$y(t) = A(q+\omega)\, e^{j[(\omega+q)t + \varphi(\omega+q)]} + A(q-\omega)\, e^{j[(q-\omega)t + \varphi(q-\omega)]}$$

pero si el filtro fuese tal que se cumpliese en el *entorno* de q

$$A(q+\omega) = A(q-\omega) = \overline{A}(\omega);\ \varphi(\omega+q) = -\varphi(\omega-q) = \overline{\varphi}(\omega)$$

se obtendría

$$y(t) = \overline{A}(\omega)\cos\left(\omega t + \overline{\varphi}(\omega)\right) e^{jqt}$$

es decir, sería equivalente a estar únicamente trabajando con la modulación en un circuito de transmisión

$$\overline{G}(\omega) = \overline{A}(\omega)\, e^{j\overline{\varphi}(\omega)}$$

y por lo tanto, aplicable toda la teoría hasta aquí desarrollada.

6. *Circuitos correctores con portadora.*—Hemos visto (en 6.3) la extraordinaria importancia que tiene la corrección en altas frecuencias, pues permite de golpe mejorar todas las características de actuación de un servo. La función correctora típica era

$$G(p) = \frac{1}{A}\frac{1 + A T_c p}{1 + T_c p}$$

que permite desplazar todas las constantes de tiempo T de la función de transmisión. Nuestra labor ahora será encontrar otros circuitos que puedan realizar la misma misión con una portadora.

Consideremos, como ejemplo, el circuito de la figura 6.9:

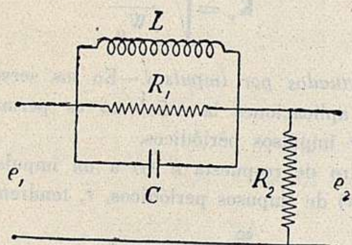


Fig. 6.9.—*Circuito corrector para señales con portadora.*

$$e_1 = e_2 + \frac{e_2}{R_2}\frac{1}{\dfrac{1}{Lp} + Cp + \dfrac{1}{R_1}} =$$

$$= \frac{R_1 R_2\left(\dfrac{1}{Lp} + Cp\right) + R_2 + R_1}{R_2 R_1\left(\dfrac{1}{Lp} + Cp\right) + R_2} e_2$$

Si

$$q^2 LC = 1 \quad \text{y} \quad p = j(q+\omega)$$

queda $\dfrac{e_2}{e_1} = \dfrac{1}{A}\dfrac{1 + A T_c j\omega}{1 + T_c j\omega}$ con $T_c = \dfrac{2 R_1 R_2 C}{R_1 + R_2}$; $A = \dfrac{R_2 + R_1}{R_2}$

con lo que vemos que el circuito considerado produce la misma función típica, pero actuando en la modulación.

APÉNDICES

En estos apéndices se han agrupado diversos temas de gran importancia, pero que exigiría su estudio detallado más bien monografías que capítulos de un libro dedicado a exponer los fundamentos de la teoría de los servos.

1. *Teoría de los autorreguladores.*—En la técnica se emplean multitud de sistemas autorregulados, en los cuales se trata de mantener una magnitud de salida constante a despecho de acciones perturbadoras. Ejemplos clásicos son las aplicaciones del regulador de Watt para mantener constante la velocidad de las máquinas, los reguladores de tensión, etc.

Aquí tan sólo trataremos de aplicar las teorías anteriores al estudio de los reguladores. En todos estos sistemas hay un mando que regula la potencia puesta en juego, por lo que se puede escribir

$$\Theta_s = K G \varepsilon - G_q \Theta_q$$

siendo

Θ_s = magnitud de salida que se trata de mantener constante.
ε = magnitud que efectúa la regulación.
Θ_q = magnitud perturbadora.
G_q = función de transmisión de la magnitud perturbadora sobre la salida.
$K G$ = Acción de la regulación.

Mediante la realimentación tenemos:

$$\varepsilon = \Theta_o - \Theta_s$$

siendo Θ_o un valor fijo del sistema, con lo que tenemos

$$\Theta_s = \frac{KG}{1+KG}\Theta_o - \frac{G_q}{1+KG}\Theta_q$$

En esta sencilla ecuación están puestas de manifiesto la diferencia de actuaciones de un servo y de un regulador. El ideal de ambos sería $K \to \infty$ on lo que

$$\Theta_s \to \Theta_o \text{ (ideal del servo).}$$

$$\Theta_s \to \frac{G_q}{\infty}\Theta_q \text{ (ideal del regulador).}$$

Vemos, por consiguiente, que el estudio de la estabilidad y actuación de un regulador es idéntico al de un servo.

El error permanente de un regulador debido a un cambio de $/\Theta_q/$ será

$$\Theta_s(\infty) \to /\Theta_q/ \left(\frac{G_q(p)}{1 + KG(p)}\right)_{p \to o}$$

Ejemplo.—Servo con aplicación de un par resistente en el motor:

De estudios anteriores

$$T_o = J p^2 + f p + T_L \ ; \ G_q = \frac{1}{J p^2 + f p}$$

$$\Theta_s(\infty) = -/T_L/ \left(\frac{\dfrac{1}{J p^2 + f p}}{1 + K_v G}\right)_{p \to o} = -\frac{/T_L/}{f K_v} \quad (1)$$

---

(1) Por definición de K_v se tiene $K_v(p) \to \dfrac{K_v}{p}$.

2. *Relaciones entre la atenuación y la fase.*—Cuando se trazan las curvas *db* y φ versus log. ω se nota que hay una estrecha relación entre ambas, tanto que del conocimiento de una es fácil darse cuenta de lo que a la otra le sucede. Se debe a Bode el haber expresado estas relaciones de un modo utilizable al ingeniero. El conocer experimentalmente las curvas de atenuación de un servo es relativamente fácil; lo que es más difícil es llegar a medir las φ. Una de las relaciones de Bode es, por ejemplo,

$$\varphi(\omega_0) = \frac{1}{6\pi}\int_{-\infty}^{\infty} d\alpha \frac{dA}{d\alpha} \log \coth \left|\frac{1}{2}\alpha\right|$$

con $\alpha = ln\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)$

La fase viene dada en radianes cuando $\frac{dA}{d\alpha}$ está en *db*/octava.

Como esta fórmula no es muy manejable se han calculado numéricamente diversos ábacos para las aplicaciones prácticas. (Véase la obra de Bode *Networtk Analysis* (Van Nostrand).

Teóricamente está llena de interés, pues, por ejemplo, nos pone de manifiesto que para conseguir que un servo no oscile nos hemos de acercar al punto -1 del diagrama de Nyquist, con pequeñas pendientes. Así, si queremos un margen de ψ^o nos hemos de acercar con una asíntota de $12 \frac{180-\psi^o}{180}$ *db*/octava.

3. *El efecto del ruido en los servos.*—En los servos en que la señal de entrada es muy pequeña, como, por ejemplo, ocurre en los servos aliados con el radar, el efecto del ruido de fondo de las válvulas y circuitos perturba su funcionamiento. Así, tendremos que la salida del servo no sólo dependerá de la entrada útil, sino, además, de la señal perturbadora Θ_q

$$\Theta_s = G_1\, \Theta_e + G_2\, \Theta_q$$

y el error del servo será

$$\varepsilon = \Theta_s - \Theta_e = (G_1 - 1)\,\Theta_e + G_2\, \Theta_q$$

Hallado el valor cuadrático medio a lo largo de un cierto tiempo

$$\overline{/\varepsilon/^2} = \int_{-\infty}^{\infty} /(G_1-1)^2/\, W_e\, df + \int_{-\infty}^{\infty} /G_2^2/\; W_q\, df \text{ ya que } \overline{\Theta_e \Theta_q} = o$$

W_e y W_q son las densidades de potencia por ciclo de banda.

El problema que ahora se nos presenta es seleccionar G_1 y G_2 de modo de reducir al mínimo el $\overline{/\varepsilon/^2}$ Hay que tener presente que en los sistemas que estamos tratando señal y ruido entran por el mismo canal, es decir, $G_1 = G_2$.

Para reducir el error producido por la señal lo óptimo sería $G_1 = 1$, pero esto supondría un gran error por parte del ruido, y la única solución que queda es aprovechar la diferente forma de W_e y W_q para obtener un óptimo.

La elección de la forma de W_e para el cálculo no es muy clara ni sencilla. Depende de cada problema en particular y de una serie de suposiciones. W_q es má fácil, porque, en general, es una mera constante.

Estudiemos el servo más sencillo, compuesto de un motor con amplificador,

$$(J\,p^2 + f\,p)\;\Theta_s = K_m\,(\Theta_e + \Theta_q - \Theta_s)$$

admitamos que la inercia es pequeña, y podemos escribir

$$\Theta_s = \frac{K_v}{K_a + p}\,\Theta_e + \frac{K_v}{K_v + p}\,\Theta_q$$

$$\varepsilon = \frac{p}{K_v + p}\,\Theta_e + \frac{K_v}{K_v + p}\,\Theta_q;$$

$$\overline{/\varepsilon/^2} = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} \frac{\omega^2}{K_v^2 + \omega^2}\, W_e\, d\omega + \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\infty} \frac{K_v^2}{K_v^2 + \omega^2}\, W_q\, d\omega$$

Cualquier cambio brusco de Θ_e tiene un espectro $\Theta_e\,(p) = \frac{A}{p}$

y podemos aceptar $W_e\ \frac{A^2}{\omega^2}$. Efectuando las integraciones queda

$$\overline{/\varepsilon/^2} = \frac{A^2}{2\,K_e} + \frac{K_v\, W_q}{}$$

por consiguiente, hay un K_v óptimo

$$K_v = \sqrt{\frac{A^2}{W_q}}$$

4. *Servos actuados por impulsos.*—En los servos guiados por radar y otras aplicaciones la señal no es permanente y actúa únicamente por impulsos periódicos.

Si en un filtro de respuesta $h\ (t)$ a un impulso, se introduce una cadena $f\ (t)$ de impusos periódicos, τ, tendremos como salida

$$y\,(t) = \sum_{o}^{\infty} h\,(t - n\,\tau)\,f(t - n\,\tau)$$

Si $f\ (t)$ es una exponencial $e^{j\omega t}$, $f\ (t - n\,\tau) = e^{j\omega t}\, e^{-j\,n\,\omega\,\tau}$ y con $z = e^{j\omega t \tau}$

$$Y(z) = \Sigma\, h_n\, z^{-n}$$

En un servo

$$\varepsilon\,(t) = \Theta_e\,(t) - \Theta_s\,(t)$$

y si la entrada y la realimentación se introducen por impulsos tendremos

$$\Theta_s = Y(z)\,\varepsilon \quad y \quad \Theta_s = \frac{Y(z)}{1 + Y(z)}\,\Theta_e$$

Las condiciones de estabilidad dependen de las raíces de $1 + Y\ (z) = o$.

Si $/z/ < 1$ el sistema es estable; si $/z/ > 1$, el servo es inestable.

Mayo 1950.

BIBLIOGRAFÍA SELECCIONADA

Theory of Servomechanisms, por James, Nichols y Phillips.
Components Handbook, por Blackburn.
Electronic Instruments, por Greenwood, Holdam y Mac Rae.
Servomechanisms Fundamentals, por Lauer, Lesnick y Matson.
Industrial Electronics, de la Westinghouse.
Servomechanisms, por Brown y Campbell.
Servomechanisms, por Mac Coll.
Cybernetics, por Norbert Wiener.
Network Analysis and Feedback Amplifier Design, por Bode.
Transients in linear Systems, por Gardner y Barnes.

Sobre el trabajo cuyo texto precede el Sr Conde de Casa Rul, hace constar que fueron Torres Quevedo y Cajal los que primero estudiaron y practicaron la teoría del servomecanismo en sus aspectos técnico y biológico, respectivamente.

A continuación el Presidente propone, y así acuerdan los reunidos, que todos aquellos trabajos que no han podido ser discutidos por ausencia de sus autores, sean estudiados en la próxima sesión.

Hechas estas manifestaciones, el Sr. Presidente levanta la sesión a las veintiuna horas.

II CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

(28 de mayo a 3 de junio de 1950)

ACTA DE LA SESIÓN CELEBRADA EL DÍA 30 DE MAYO DE 1950

(Continuación.)

Se continúa la sesión a las diez de la mañana con la misma Presidencia, actuando de Secretario D. Paulino Martínez Hermosilla, Ingeniero de Montes, y se concede la palabra al señor Colino, quien lee su siguiente trabajo núm. 225:

N.º 225. - Un estudio de la excitación de las ondas(*)

Autor: D. ANTONIO COLINO LÓPEZ
Ingeniero Industrial

La pequeña investigación que se realiza en este trabajo, tiene por objeto el determinar el modo e intensidad de las ondas producidas por diferentes tipos de excitación, especialmente cuando las ondas sólo pueden propagarse en un medio de dimensiones limitadas, es decir, cuando la excitación da lugar a lo que hoy día se conoce con el nombre de ondas guiadas.

La investigación se divide en dos partes: La primera se refiere a la excitación de ondas escalares (presiones, potenciales, etcétera), la segunda a la excitación de ondas vectoriales, o dicho con mayor precisión, de ondas electromagnéticas.

Siempre consideraremos que el medio es isótropo y homogéneo, y la única discontinuidad que se debe tener en cuenta será la de las superficies límites. Estas superficies límites, como es habitual en Física-Matemática, coincidirán con las superficies en las que algunas de las coordenadas curvilíneas toman un valor constante. Además, como la integral de Fourier permite representar cualquier función del tiempo como suma de funciones periódicas sinusoidales, reduciremos nuestro estudio al caso de que las fuentes excitatrices sean periódicas sinusoidales respecto al tiempo.

(*) Se presenta un método vectorial de significación física general que da directamente el cálculo de las principales magnitudes propias del problema de las ondas electromagnéticas con especial análisis de la transmisión de ondas E y H en un sistema de guías cualquiera.

I

ONDAS ESCALARES

1.1.—*Modos de las ondas escalares.* La conocida ecuación de ondas en régimen periódico toma la forma

$$(\nabla^2 + k^2)\,\psi = 0$$

Si

∇^2 es el operador indicador de la Laplaciana.

$k = \dfrac{\omega}{c} = \dfrac{2\pi}{\lambda}$

ω = la pulsación $= 2\pi f$, con f siendo la frecuencia

c = la velocidad de propagación.

λ = la longitud de onda.

Esta ecuación homogénea entre derivadas parciales sólo es resoluble cuando expresada en coordenadas ortogonales conduce a una separación de las variables y se puede formar una solución del tipo.

$$\psi(u_1, u_2, u_3) = U_1(u_1)\,U_2(u_2)\,U_3(u_3)$$

teniendo que ser las funciones U soluciones de ecuaciones diferenciales ordinarias del tipo

$$\left(g_i(u_i)\,\dot{U}\right)^{\cdot} + \left[\lambda f_i(u_i) + \mu\, q_i(u_i)\right] U = 0$$

en la que

$$\dot{U} = \frac{dU}{du} \quad y\ \lambda\ y\ \mu$$

son las constantes de separación.

Para seguir avanzando hemos de concretar más las notaciones: así, las coorlenadas u_1 y u_2, supondremos que son las que definen las superficies límites (u_1 = const.; u_2 = const.) y que u_3 es la de propagación, dando u_3 = const. una sección transversal de la guía.

Las condiciones en las superficies límites suelen ser del tipo

$$\psi = o \quad ó \quad \frac{\partial \psi}{\partial n} = o$$

(indicando con n la normal a la superficie límite) que se traspasan a las funciones U_1 y U_2, y, por consiguiente, determinan el par de valores $(\lambda_\sigma \mu_\sigma)$ o modo, quedando

$$\psi_\sigma = F_\sigma(u_1, u_2)\, W_\sigma(u_3)$$

en la que la función transversal F_σ $(u_1\ u_2)$ cumple por sí misma las condiciones en los límites, y W_σ (u_3) es la función longitundinal correspondiente.

Una propiedad fundamental de las funciones F_σ se deriva del teorema de Green. Si indicamos con 1 y 2 dos valores diferentes de σ tendremos

$$\left.\begin{matrix}(\nabla^2 + k^2)\,\psi_1 = o \\ (\nabla^2 + k^2)\,\psi_2 = o\end{matrix}\right\} \psi_1 \nabla^2 \psi_2 - \psi_2 \nabla^2 \psi_1 = o \quad \text{con} \quad \begin{matrix}\psi_1 = F_1 W_1 \\ \psi_2 = F_2 W_2\end{matrix}$$

Aplicando el teorema de Green, tomando como superficies de integración los límites y dos cualquiera transversales

$$o = \int_V (\psi_1 \nabla^2 \psi_2 - \psi_2 \nabla^2 \psi_1)\, ds = \int_S \left(\psi_1 \frac{\partial \psi_2}{\partial n} - \psi_2 \frac{\partial \psi_1}{\partial n}\right) ds =$$

$$= \int_{S_t} \left(\psi_1 \frac{\partial \psi_2}{\partial n} - \psi_2 \frac{\partial \psi_1}{\partial n}\right) ds_t = (W_1 \dot{W}_2 -$$

$$- W_2 \dot{W}_1) \int F_1 F_2\, h\, ds_t = o$$

$$\text{con} \quad h = \frac{du_3}{dn}$$

y como esto se verifica para cualquier u_3 se tendrá

$$\int F_1 F_2\, h\, ds_t = o$$

que es la propiedad de las funciones F_σ.

Así como las condiciones en las superficies límites determinan ciertas particularidades de las funciones F_σ, del mismo modo las condiciones físicas de la propagación determinan otras de las W_σ.

Las funciones W_σ correspondientes al mismo par $(\lambda_\sigma \mu_\sigma)$ guardan entre sí una cierta relación. Una y otra satisfarán

$$(g \dot{W}_1)^{\cdot} + (\lambda f + \mu q)\, W_1 = o$$
$$(g \dot{W}_2)^{\cdot} + (\lambda f + \mu q)\, W_2 = o$$

Multiplicando por W_2 y W_1, y restando

$$W_2 (g \dot{W}_1)^{\cdot} - W_1 (g \dot{W}_2)^{\cdot} = \left[g\,(W_2 \dot{W}_1 - W_1 \dot{W}_2)\right]^{\cdot} = o$$

luego

$$g\,(W_2 \dot{W}_1 - W_1 \dot{W}_2) = C_\sigma$$

y

$$W_1 = W_2 \left(B_\sigma + C_\sigma \int \frac{du_3}{g\, W_2^2}\right)$$

Por razones de orden físico entre la multiplicidad de funciones W_σ hemos de escoger las dos siguientes: W_σ^e función exterior, que es regular en el infinito, avanzando las ondas hacia el exterior.

W_σ^i función interior, que es regular en todo el espacio (excepto quizá en el infinito).

Luego para un determinado par $(\lambda_\sigma \mu_\sigma)$ o modo, existen las dos soluciones

$$\psi_\sigma^e = F_\sigma W_\sigma^e \quad ; \quad \psi_\sigma^i = F_\sigma W_\sigma^i$$

1.2.—*La excitación de ondas.* La ecuación de ondas cuando actúa una excitación es de la forma

$$(\nabla^2 + k^2)\, \psi = q$$

siendo q la intensidad volumétrica de la excitación.

Busquemos una solución desarrollándola en los diferentes modos de propagación

$$\psi = \sum_\sigma A_\sigma^e \psi_\sigma^e + A_\sigma^i \psi_\sigma^i$$

siendo A_σ^e y A_σ^i funciones únicamente de la coordenada longitudinal, con lo cual ψ cumple automáticamente las condiciones en los límites.

Para determinar las A_σ seguiremos el método clásico de variación de las constantes, y así, tendremos por modo:

$$\nabla\left(A_\sigma^e \psi_\sigma^e + A_\sigma^i \psi_\sigma^i\right) = A_\sigma^e \nabla \psi_\sigma^e + A_\sigma^i \nabla \psi_\sigma^i$$

si hacemos

$$\dot{A}_\sigma^e \psi_\sigma^e + \dot{A}_\sigma^i \psi_\sigma^i = o$$

$$\nabla^2\left(A_\sigma^e \psi_\sigma^e + A_\sigma^i \psi_\sigma^i\right) = A_\sigma^e \nabla^2 \psi_\sigma^e + \nabla A_\sigma^e \psi_\sigma^e + A_\sigma^i \nabla^2 \psi_\sigma^i + \nabla A_\sigma^i \psi_\sigma^i$$

y substituyendo en la ecuación de ondas, teniendo presente que ψ_σ^e y ψ_σ^i son modos propios, queda

$$\sum_\sigma \left(\dot{A}_\sigma^e \dot{W}_\sigma^e + \dot{A}_\sigma^i \dot{W}_\sigma^i\right) h\, F_\sigma = q$$

Aprovechando la ortogonalidad de las F_σ tendremos multiplicando por $F_\sigma\, ds_t/h$ e integrando queda

$$\dot{A}_\sigma^e \dot{W}_\sigma^e + \dot{A}_\sigma^i \dot{W}_\sigma^i = \frac{\int q\, F_\sigma \frac{ds_t}{h}}{\int F_\sigma^2\, h\, ds_t} = Q_\sigma$$

esta ecuación diferencial unida a la anterior en $\dot{A}_\sigma$

$$\mathring{A}^e_\sigma W^e_\sigma + \dot{A}^i_\sigma W^i_\sigma = 0$$

nos determinan, teniendo presente que

$$g\left(W^i_\sigma \dot{W}^e_\sigma - W^e_\sigma \dot{W}^i_\sigma\right) = C_\sigma$$

$$\mathring{A}^e_\sigma = g\,\frac{Q_\sigma W^i_\sigma}{C_\sigma};\quad \mathring{A}^i_\sigma = g\,\frac{Q_\sigma W^e_\sigma}{C_\sigma}$$

con lo que obtendremos las fórmulas finales objetivo de la primera parte de nuestra investigación:

La excitación $q(u_1, u_2, u_3)$ produce una onda compleja

$$\psi = \Sigma_\sigma A^e_\sigma \psi^e_\sigma + A^i_\sigma \psi^i_\sigma$$

formada con los diferentes modos de propagación cuya amplitud viene dada por

$$A^e_\sigma = \frac{1}{C_\sigma f_\sigma}\int_0^{u_3} q\,\psi^i_\sigma\, dv$$

$$A^i_\sigma = \frac{1}{C_\sigma f_\sigma}\int_\infty^{u_3} q\,\psi^e_\sigma\, dv$$

en las que C_σ y f_σ son las constantes de normalización, con

$$f_\sigma = \int_{s_t} F^2_\sigma \frac{h\, ds_t}{g}$$

1.3.—*Aplicación de las fórmulas obtenidas.*

a) En un sistema de coordenadas cilíndricas se tiene para el elemento de longitud.

$$(ds)^2 = (1 \cdot dr)^2 + (r d\psi)^2 + (1\, dr)^2$$

con lo que la ecuación de ondas toma la forma

$$\frac{1}{r}\left[\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial \psi}{\partial r}\right) + \frac{\partial}{\partial \varphi}\left(\frac{1}{r}\frac{\partial \psi}{\partial \varphi}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(r\frac{\partial \psi}{\partial z}\right)\right] + k^2\psi = 0$$

efectuando la separación de variables se obtienen

$$\psi^i = e^{jm\varphi} J_m(\mu r)\, e^{\lambda z} \qquad \mu^2 = k^2 + \lambda^2$$
$$\psi^e = e^{jm\varphi} H^2_m(\mu r)\, e^{\lambda z}$$

siendo m y λ los parámetros de la separación y tomando r como coordenada longitudinal. Las constantes fundamentales de nuestro método son

$$J_m \dot{H}^2_m - H^2_m \dot{J}_m = \frac{-2j}{\pi r};\quad C_m = \frac{-2j}{\pi};\quad f_m = 2\pi l$$

(l altura del cilindro considerado)

$$C_m f_m = -4jl$$

Consideremos un hilo con carga uniforme q por unidad de longitud a lo largo del eje z, tendremos

$$\psi^e = \frac{-q}{4j} H^2_0(kr)$$

Traslademos ahora el origen a una distancia a, con lo que

$$A^e_m = \frac{-q}{4j} J_m(ka);\ A^i_m = \frac{-q}{4j} H^2_m(ka)$$

y comparando funciones potenciales

$$H_0(kr) = \begin{cases}\Sigma_m\ J_m(ka)\, H^2_m(kr_1)\, e^{jm\varphi_1} & (r_1 > a)\\ \Sigma_m\ H^2_m(ka)\, J_m(kr_1)\, e^{jm\varphi_1} & (r_1 < a)\end{cases}$$

b) Generalización de la fórmula de Sommerfeld.

Consideremos una fuente elemental situada en el punto (r_0, z_0, φ_0) tendremos

$$A^e_{m,\lambda} = \frac{-q}{4jl} J_m(\mu r_0)\, e^{-\lambda z_0}\, e^{jm\varphi_0}$$

Si la dimensión l es muy grande* la suma de los modos correspondientes con la misma m, pero diferentes valores de λ puede reducirse a una integral, ya que

$$\lambda l = 2\pi jn;\quad \lambda_n = \frac{2\pi j}{l} n \ \text{ y cuando } l \to \infty\ d\lambda = \frac{2\pi j}{l},$$

es decir,

$$\psi^e = \frac{1}{8\pi}\Sigma_m e^{jm\varphi}\int_{-\infty}^{\infty} H^2_m(\mu r)\, e^{j\lambda z}\, q(r_0, z_0, \varphi_0)\,.$$
$$J_m(\mu r_0)\, e^{-j\lambda z_0}\, e^{-jm\varphi_0}\, d\lambda\, dv_0$$

c) Excitación de ondas acústicas en guías cilíndricas circulares.

Si la propagación es a lo largo del eje z tenemos como modos

$$\psi = e^{jm\varphi} J_m(\mu r)\, e^{\pm j\lambda z}$$

La velocidad normal a la guía ha de anularse en su superficie

$$\frac{\partial \psi}{\partial n} = 0,\ \text{luego}\ \dot{J}_m(\mu a) = 0\ (a \text{ radio de la guía}),$$

es decir, si las raíces de $J_m(\alpha) = 0$ son $\alpha_{m,n}$ tendremos para los autovalores de

$$\mu, \mu_{m,n} = \frac{\alpha_{m,n}}{a} \quad \text{y} \quad \lambda^2_{m,n} = k^2 - \frac{\alpha^2_{m,n}}{a^2}$$

Las constantes fundamentales de nuestro método son

$$C_{m,n} = 2j\lambda_{m,n};\ f_{m,n} = \frac{\pi a^2}{2}\left(1 - \frac{m^2}{\alpha^2_{m,n}} J^2_m(\alpha_{m,n})\right)$$

Si la fuente de excitación está a una distancia b del eje en $\varphi_0 = 0$, $z_0 = 0$

$$\psi = \frac{q}{j}\sum_{m,n}\cos m\varphi\,\frac{J_m\left(\alpha_{m,n}\frac{r}{a}\right) J_m\left(\alpha_{m,n}\frac{b}{a}\right)}{\lambda_{m,n}\left(1 - \frac{m^2}{\alpha^2_{m,n}} J^2_m(\alpha_{m,n})\right)}\, e^{-j\lambda_{m,n} z}$$

---

* (Esto no es más que un proceso de cuantificación).

d) Coordenadas esféricas. El elemento de longitud toma la forma

$$(ds)^2 = (\mathrm{I} \,.\, d\mathrm{R})^2 + (\mathrm{R} \operatorname{sen} \vartheta \, d\varphi)^2 + (\mathrm{R} \, d\vartheta)^2$$

y separando variables se obtiene

$$\psi^{\,i}_{m,n} = e^{jm\varphi} \; j_n (k\,\mathrm{R}) \; \mathrm{P}^m_n (\cos \vartheta)$$

$$\psi^{\,1}_{m,n} = e^{jm\varphi} \; k_n (k\,\mathrm{R}) \; \mathrm{P}^m_n (\cos \vartheta)$$

siendo j_n h^2_n las funciones esféricas Bessel, o si se prefiere

$$j_n(\rho) = \sqrt{\frac{\pi}{2\,\rho}} \; \mathrm{J}_{n+\frac{1}{2}}(\rho); \qquad h_n(\rho) = \sqrt{\frac{\pi}{2\,\rho}} \; \mathrm{H}^2_{n+\frac{1}{2}}(\rho)$$

y P^m_n (x) los polinomios asociados de Legendre o

$$\mathrm{P}^m_n(x) = \frac{(1 - x^2)^{\,m/2}}{2^n \, n\, 1} \; \frac{d^{n+m} \, (x^2 - \mathrm{I})^n}{ax^{n+m}}$$

Las constantes fundamentales son

$$\mathrm{C}_n = \frac{j}{k} \quad \text{y} \quad f_{m,n} = 2\,\pi \, \frac{2}{2\,n + \mathrm{I}} \; \frac{(n+m)\,1}{(n-m)\,1}$$

La onda que excita una fuente colocada en $\mathrm{R} = a$, $\vartheta = o$ en un punto cualquiera del espacio será

$$\psi^{\,i} = \frac{kq}{4\,\pi j}\, \Sigma\, (2\,n + 1) \; h^2_n\,(ka) \, j_n\,(k\mathrm{R}_1) \, \mathrm{P}_n\,(\cos \vartheta_1) \; (\mathrm{R} < a)$$

$$\psi^{e} = \frac{kq}{4\,\pi j}\, \Sigma\, (2\,n + \mathrm{I}) \; j_n\,(ka) \, h^2_n\,(k\mathrm{R}_1) \, \mathrm{P}_n\,(\cos \vartheta_1) \; (\mathrm{R} > a)$$

Modernamente en la teoría de la radiación acústica, se ha desarrollado la función potencial en funciones esféricas, así por ejemplo, una membrana plana vibrante $\left(\vartheta = \dfrac{\pi}{2}\right)$ de radio a, producirá el potencial

$$\psi^{e} = \frac{k}{4\,\pi j}\, \Sigma\, (2\,n + 1) \; \mathrm{A}_n \;\; h^2_n \; (k\mathrm{R}) \, \mathrm{P}_n \, (\cos \vartheta)$$

$$\mathrm{A}_n = \mathrm{P}_n\,(o) \int_s^a j_n\,(kr) . q\,(r) \,.\, 2\pi \, r \; dr.$$

II

Ondas electromagnéticas

2.1.—*Ondas E y ondas H.*

Empleando la notación del operador ∇ (nabla)

$$\nabla \equiv \bar{a}_x \frac{\partial}{\partial x} + \bar{a}_y \frac{\partial}{\partial y} + \bar{a}_z \frac{\partial}{\partial z}$$

siendo $\bar{a}_x$, $\bar{a}_y$ y $\bar{a}_z$ las unidades vectoriales, según los ejes, se pueden escribir las ecuaciones de Maxwell en régimen periódico, en la forma

$$\nabla \times \mathrm{H} = \varepsilon\omega j \, \mathrm{E} + i \quad (\alpha)$$

$$\nabla \times \mathrm{E} = - \, \mu\omega j \, \mathrm{H} \quad (\beta)$$

con las notaciones convencionales.

Supuestas conocidas las corrientes (i) de excitación, queda un sistema de 6 ecuaciones escalares entre derivadas parciales, en cuya solución habrá que tener en cuenta las condiciones en los límites. El problema sería completamente irresoluble si se tratase de resolverle directamente, y a su solución sería dificilísimo darle una interpretación física.

Tratemos de obtener en qué casos será posible separar el campo electromagnético de ondas E y en ondas H. Ondas E son las que la componente del campo magnético se anula en la dirección de propagación, y ondas H las que lo mismo ocurre, pero con el campo eléctrico. Es decir

Ondas E $\mathrm{E}_3 \neq o$; $\mathrm{H}_3 = o$ llamadas también TM (transverso magnéticas),
Ondas H $\mathrm{E}_3 = o$; $\mathrm{H}_3 \neq o$ llamadas también TE (transverso eléctricas).

En las ondas E por ser $\mathrm{H}_3 = o$ podremos escribir

$$\mathrm{H} = \nabla \times \psi$$

siendo ψ un vector que tiene únicamente componente longitudinal $\bar{a}_3$.

Substituyendo en la (β) de Maxwell

$$\nabla \times \mathrm{E} = - \, \mu\omega j \, \nabla \times \psi$$

e integrando

$$\mathrm{E} = - \, \mu\omega j \, \psi + \nabla \, \varphi$$

siendo ψ una función escalar.

Substituyendo en la (α) de Maxwell (sin excitaciones)

$$(\nabla \times)^2 \, \psi = k^2 \, \psi + \varepsilon\omega j \, \nabla \, \varphi$$

y aplicando el operador $\nabla \times$

$$(\nabla \times)^3 \, \psi = k^2 \, \nabla \times \psi$$

pues $\nabla \times \nabla \, \varphi = o$.

Pero como $\nabla \times \psi$ no tiene componente longitudinal $\bar{a}_3$ por ser onda E ($\mathrm{H}_3 = o$) se habrá de cumplir

$$\bar{a}_3 \,.\, (\nabla \times)^3 \, \psi = o$$

Si el elemento lineal en el sistema de coordenadas ortogonales se escribe

$$ds^2 = (h_1 \, du_1)^2 + (h_2 \, du_2)^2 + (h_3 \, du_3)^2$$

la última ecuación se transforma efectuando las operaciones indicadas en

$$\frac{\partial}{\partial u_2} \left[\frac{h_1}{h_2 \, h_3} \frac{\partial}{\partial u_3} \left(\frac{h_2}{h_3 \, h_1} \frac{\partial \psi}{\partial u_1} \right) \right] =$$

$$= \frac{\partial}{\partial u_1} \left[\frac{h_2}{h_1 \, h_3} \frac{\partial}{\partial u_3} \left(\frac{h_1}{h_2 \, h_3} \frac{\partial \psi}{\partial u_2} \right) \right]$$

esta ecuación podríamos decir que es el *cuadre* de la hipótesis inicial. De esta ecuación parece que tan sólo son posibles los dos casos siguientes:

Primer caso.—Si el sistema de las coordenadas es tal que la relación h^2/h_1 es independiente de u_3 y $h_3 = \text{const} = 1$ con lo que

se satisface automáticamente la ecuación anterior y se simplifican extraordinariamente todas las expresiones

$$(\nabla \times)^2 \psi = \begin{vmatrix} \bar{a}_1/h_2 & \bar{a}^2/h_1 & \bar{a}_3/h_1 h_2 \\ \dfrac{\partial}{\partial u_1} & \dfrac{\partial}{\partial u_2} & \dfrac{\partial}{\partial u_3} \\ \dfrac{h_1}{h_2}\dfrac{\partial \psi}{\partial u_2} - \dfrac{h_2}{h_1}\dfrac{\partial \psi}{\partial u_1} & o & \end{vmatrix} = - \bar{a}_3 \nabla_t^2 \psi +$$

$$+ \nabla_t \frac{\partial \psi}{\partial u_3} = k^2 \psi + \varepsilon\omega j \nabla \varphi$$

luego $\varepsilon\omega j\ \varphi = \dfrac{\partial \psi}{\partial u_3}$ y se obtienen las siguientes fórmulas:

$$\frac{1}{h_1 h_2}\left[\frac{\partial}{\partial u_1}\left(\frac{h_2}{h_1}\frac{\partial \psi}{\partial u_1}\right) + \frac{\partial}{\partial u_2}\left(\frac{h_1}{h_2}\frac{\partial \psi}{\partial u_2}\right)\right] +$$

$$+ \frac{\partial^2 \psi}{\partial u_3{}^2} + k^2 \psi = o$$

$$H = \nabla \times \psi \qquad E = \frac{I}{\varepsilon\omega j}\left(k^2 + \nabla \frac{\partial}{\partial u_3}\right)\psi$$

Basta permutar en las últimas fórmulas E con H y $\varepsilon\omega j$ con $-\mu\omega j$ para obtener las referentes a las de las ondas H. Compendiando

Ondas E	Ondas H
$H = \nabla \times \psi_E$	$E = \nabla \times \psi_M$
$E = \dfrac{1}{\varepsilon\omega j}\left(k^2 + \nabla \dfrac{\partial}{\partial u_3}\right)\psi_E$	$H = \dfrac{-1}{\mu\omega j}\left(k^2 + \nabla \dfrac{\partial}{\partial u_3}\right)\psi_M$

La ecuación entre derivadas parciales de las ψ es siempre la misma y son las condiciones en los límites las que establecen la diferencia entre ψ_E y ψ_H. Si las paredes son perfectamente conductoras, el campo eléctrico tangencial se anula y, por consiguiente, se ha de verificar en el contorno (C)

$$\psi_E\ (C) = o \quad ; \quad \frac{\partial \psi_M}{\partial n} = o$$

Segundo caso.—Cuando por la naturaleza del problema se verifica que ψ y las h son independientes de una coordenada por admitir un eje de rotación, entonces se obtienen las conocidas ecuaciones de Abraham, con las que se inició el estudio de las antenas lineales.

Por las circunstancias especiales que requiere este segundo caso le abandonaremos, dedicándonos exclusivamente al estudio del primero.

2.2.—*Modos de propagación.* La ecuación entre derivadas parciales de ψ permite obtener diversas soluciones según el sistema de coordenadas elegido. En este lugar especificaremos algunas de soluciones más típicas.

a) Sistema de coordenadas cilíndricas.—En este sistema h_1 y h_2 son independientes cada una de la coordenada longitudinal (u_3), lo que permite llegar a la separación inmediata de las variables de la ψ en la forma

$$\psi_\sigma = F_\sigma(u_1, u_2)\ e^{\pm \gamma_\sigma u_3}$$

viniendo determinada F por

$$\frac{1}{h_1 h_2}\left[\frac{\partial}{\partial u_1}\left(\frac{h_2}{h_1}\frac{\partial F_\sigma}{\partial u_1}\right) + \frac{\partial}{\partial u_2}\left(\frac{h_1}{h_2}\frac{\partial F_\sigma}{\partial u_2}\right)\right] + \mu_\sigma^2 F_\sigma = o$$

$$\mu_\sigma^2 = k^2 + \gamma_\sigma^2$$

y los autovalores de μ están determinados por las condiciones en el contorno (C) de la guía

$$F_{E\sigma}, (C) = o; \qquad \frac{\partial F_{M,\sigma}}{\partial u} = o$$

según sean las ondas eléctricas o magnéticas.

Las soluciones de la ecuación en F son conocidas cuando la sección transversal de la guía es rectangular, circular o elíptica.

b) Sistema de coordenadas esféricas.—Como el elemento de longitud se expresa en estas coordenadas por

$$ds^2 = (R d\vartheta)^2 + (R \operatorname{sen} \vartheta\ d\varphi)^2 + (1 \,.\, dR)^2$$

es decir, $h_1 = R$; $h_2 = R \operatorname{sen} \vartheta$ y $h_3 = 1$, tenemos para la ecuación de ψ

$$\frac{1}{R^2 \operatorname{sen} \vartheta}\left[\frac{\partial}{\partial \vartheta}\left(\operatorname{sen} \vartheta \frac{\partial \psi}{\partial \vartheta}\right) + \frac{\partial}{\partial \varphi}\left(\frac{1}{\operatorname{sen} \vartheta}\frac{\partial \psi}{\partial \varphi}\right)\right] + \frac{\partial^2 \psi}{\partial^2 R} +$$

$$+ k^2 \psi = o$$

que realizada la separación de variables conduce a soluciones del tipo

$$\psi_\sigma = e^{jm\varphi}\ P_n^m(\omega\vartheta)\ R \times \begin{matrix} j_n(kR) \\ h_n^2(kR) \end{matrix}$$

2.3.—*La potencia transmitida por un modo.* Para hallar la potencia transmitida por un modo, basta calcular el flujo del vector de Poynting a través de una sección transversal (u_3 = const).

Calculemos para un modo eléctrico (con el signo H^* indicamos la conjugada de H), substituyendo los valores de E_σ y H_σ en función de ψ_E, $\sigma = F_\sigma\ W_\sigma$

$$P = \int_{S_t} \left(E_\sigma \times H_\sigma^*\right) . n\ ds = \frac{1}{\varepsilon\omega j}\int \left(\nabla \frac{\partial \psi_\sigma}{\partial u_3}\right) \times$$

$$\times \left(\nabla \times \psi_\sigma\right) ds = \frac{W_\sigma \dot{W}_\sigma^*}{\varepsilon\omega j}\int \left(\nabla F_\sigma\right)^2 ds = \frac{W_\sigma \dot{W}_\sigma}{\varepsilon\omega j} f_\sigma$$

siendo f_σ el factor de normalización de las F_σ.

En general W_σ será una función compleja de u_3 de la forma

$$W_\sigma = A_\sigma + jB_\sigma \ \text{ y } \ \dot{W}_\sigma^* = \dot{A}_\sigma - j\dot{B}_\sigma$$

y, por consiguiente,

$$P = \frac{\left(A_\sigma \dot{A}_\sigma + B_\sigma \dot{B}_\sigma\right)}{\varepsilon\omega j} f_\sigma + \frac{\left(B_\sigma \dot{A}_\sigma - \dot{B}_\sigma A_\sigma\right)}{\varepsilon\omega} f_\sigma$$

El primer sumando imaginario corresponde a las potencias reactivas que va y viene; el segundo sumando a la potencia real que viene o va. Además por ser

$$W_\sigma \dot{W}_\sigma^* - \dot{W}_\sigma^* W_\sigma = \text{Const.}$$

la potencia real transmitida es constante, ya que se ha admitido

que no hay pérdidas en el dieléctrico (ϵ = real). Y, por consiguiente, para que haya transmisión de potencia es necesario que $W(u_3)$ sea una función con parte imaginaria.

2.4.—La excitación de modos. Supongamos que hay una zona de excitación. Las ecuaciones de Maxwell para los campos excitados serán

$$(\alpha) \quad \nabla \times H = -\varepsilon\omega j\, E + i$$
$$(\beta) \quad \nabla \times E = \mu\omega j\, H$$

y las ecuaciones para cualquier modo (σ) serán

$$(\gamma) \quad \nabla \times H_\sigma = -\varepsilon\omega j\, E_\sigma$$
$$(\delta) \quad \nabla \times E_\sigma = \mu\omega j\, H_\sigma$$

Formemos la expresión escalar $E_\sigma \cdot (\alpha) - H(\vartheta) - \big(E(\gamma) - H_\sigma(\varphi)\big)$

$$E_\sigma \cdot \nabla \times H - H\, \nabla \times E_\sigma) - (E \cdot \nabla \times H_\sigma - H_\sigma \cdot \nabla \times E) = = E_\sigma \cdot i$$

Hagamos la integral del volumen comprendido entre las paredes de la guía y las secciones transversales 1 y 2, teniendo presente que

$$\nabla \cdot (E_\sigma \times H) = E_\sigma \cdot \nabla \times H - H \cdot \nabla \times E_\sigma$$

y la correspondiente de $\nabla\,(E \times H_\sigma)$ luego

$$\int_S \Big[(E_\sigma \times H) - (E \times H_\sigma) \Big] ds = \int_V i \cdot E_\sigma\, dv$$

Por anularse el campo eléctrico tangencial en la pared de la guía, la superficie de integración se reducirá a las transversales 1, 2.

Para seguir avanzando hemos de especificar un poco más; la excitación producirá modos de los tipos 1 y 2 que saldrán por las superficies 1, y 2, respectivamente, es decir

$$\psi = \begin{cases} \Sigma_\sigma A^1_\sigma F_\sigma W^1_\sigma & \text{(superficie 1)} \\ \Sigma_\sigma A^2_\sigma F_\sigma W^2_\sigma & \text{(superficie 2)} \end{cases}$$

Realicemos la integración de superficie para un modo cualquiera siguiendo idéntico proceso que en el apartado anterior para el cálculo del flujo de potencia y teniendo en cuenta que por las propiedades ortogonales de F_σ entre dos modos distintos no existe acoplo. Así, obtenemos para un modo eléctrico

$$A^{1,2}_{E,\sigma} = \varepsilon\omega j \frac{\int i \cdot E^{2,1}_{E,\sigma}\, dv}{C_\sigma f_\sigma}$$

y para un modo magnético

$$A^{1,2}_{M,\sigma} = \mu\omega j \frac{\int i \cdot E^{2,1}_{M,\sigma}\, dv}{C_\sigma f_\sigma}$$

Siendo

$$C_\sigma = W^1_\sigma \dot{W}^2_\sigma - W^2_\sigma \dot{W}^1_\sigma \quad \text{y} \quad f_\sigma = \int (\nabla F_\sigma)^2 ds_t$$

que son factores de normalización, y, por consiguiente, toda la teoría de la excitación de ondas puede resumirse en las dos fórmulas fundamentales, substituyendo los valores de E_σ

$$\psi^{1\,(P)}_E = \varepsilon\omega j\, \Sigma_\sigma \frac{\psi^{1\ (P)}_{E,\sigma}}{C_\sigma f_\sigma} \int \left(k^2 \psi^2_{E,\sigma} + \nabla \frac{\partial \psi^2_{E,\sigma}}{\partial u_3} \right) \cdot i\, dv$$

$$\psi^{1\,(P)}_M = \mu\omega j\, \Sigma_\sigma \frac{\psi^{1\ (P)}_{M,\sigma}}{C_\sigma f_\sigma} \int \left(\nabla \times \psi^2_{M,\sigma} \right) \cdot i\, dv$$

De estas fórmulas pueden deducirse inmediatamente los valores de E y H.

2.5.—*Interpretación física de los términos de excitación.* El coeficiente de la excitación de ondas eléctricas es proporcional a

$$\int \left(k^2 \psi^+_{E,\sigma} \nabla \frac{\partial \psi_{E,\sigma}}{\partial u_3} \right) \cdot i\, dv = \int_V i_3 \cdot \left(k^2 \psi_{E,\sigma} + \frac{\partial^2 \psi_{E,\sigma}}{\partial^2 u_3} \right) \cdot dv +$$
$$+ \int i \cdot \nabla_t \frac{\partial \psi_{E,\sigma}}{\partial u_2} dv = \int i_3 \left(k^2 \psi_{E,\sigma} + \frac{\partial^2 \psi_{E,\sigma}}{\partial^2 u_3} \right) dv -$$
$$- \int \nabla i_t \cdot \frac{\partial \psi_{E,\sigma}}{\partial u_3} dv$$

Es decir, las ondas eléctricas son excitadas por las corrientes longitudinales y la creación de cargas superficiales ∇i_t.

El coeficiente de la excitación de ondas magnéticas es proporcional a

$$\int i \cdot \nabla \times \psi_{M,\sigma}\, dv = - \int i \cdot \psi_{M,\sigma} \cdot \nabla \times i_t\, dv$$

es decir, es debido a los anillos de corriente ($\nabla \times i_t$) que se forman en la sección transversal, como podía esperarse.

Noviembre 1949.

Al término de su lectura, el Presidente, Sr. Artigas, hace ver el elevado nivel científico del trabajo y su gran interés en relación con la técnica del "radar", sobre las posibilidades de este nuevo sistema de detección y su papel durante la pasada conflagración mundial.

Seguidamente se lee el trabajo siguiente núm. 88:

GRUPO IX
SECCIÓN ÚNICA

N.º 88. - Un nuevo sistema de unidades físicas

Autor: D. CASIMIRO MELIÁ TENA
Ingeniero Industrial y Licenciado en Ciencias Económicas

I. CRÍTICA DEL SISTEMA C. G. S.

El sistema de unidades adoptado por los físicos tiene como unidades fundamentales el centímetro, el gramo y el segundo; es decir, las unidades de longitud, masa y tiempo. Antes de la teoría de la relatividad estas medidas tenían carácter absoluto y validez universal, cualquiera que fuese el observador, e independiente del sistema de referencia. Mas las ideas de Einstein han derrumbado nuestros antiguos conceptos del espacio absoluto y del tiempo absoluto, y hoy sabemos que nuestras medidas de espacio y tiempo sólo tienen significado para un sistema referencial dado, variando sus valores cuando se pasa a otro sistema que esté en movimiento con relación al primero.

El grupo de transformaciones de Lorentz nos permite pasar de un sistema a otro dotado de traslación uniforme y calcular los valores de longitudes y tiempos referidos a uno u otro sistema.

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \qquad t' = \frac{t - \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

siendo c la velocidad de la luz y v la velocidad de traslación relativa entre ambos sistemas, representan las ecuaciones de transformación para conocer las coordenadas espaciales y el tiempo del segundo sistema conocidas las del primero.

Consecuencia inmediata de estas ecuaciones de transformación de coordenadas es que los intervalos medidos de tiempo o de espacio no son iguales en ambos sistemas y las contracciones o dilataciones están afectadas por el factor $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$

La misma teoría de la relatividad restringida nos enseña que tampoco la masa tiene un valor absoluto. El valor de la masa de un cuerpo es distinta en reposo que en movimiento, y en Mecánica relativista se consideran, aparte del valor de la masa en reposo. dos valores para la masa en movimiento: el de la masa transversal y el de la longitudinal, con relación a la dirección de la fuerza que actúa sobre el cuerpo. Llamado m_0 al valor de la masa en reposo, los de la masa transversal y longitudinal vienen determinados por las siguientes fórmulas

$$m_{\text{trans.}} = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \qquad m_{\text{long.}} = \frac{m_0}{\sqrt{\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^3}}$$

La Física basó su sistema de medidas sobre tres unidades (cm., gr., s.), cuyos valores dependen del estado de movimiento o de reposo en que se hallen los cuerpos en relación con los observadores. Nuestros patrones de medida, el centímetro de longitud, el gramo-masa y el segundo de tiempo, no nos darán las mismas medidas para dos observadores que están animados de movimiento relativo y, cuando el sistema de referencia de uno de ellos se mueve con la velocidad uniforme v con relación al otro, las ecuaciones de transformación de Lorentz dan las variaciones que experimentarán las unidades de longitud y tiempo, y, las fórmulas de Einstein para los valores de la masa, los aumentos o disminuciones que se apreciarán en el valor del gramo.

Bien es cierto que estas variaciones en los resultados de nuestras mediciones del espacio y del tiempo vienen afectados por un radical que vale $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$, cuyo valor solamente se aparta de la unidad para valores de v próximos a la velocidad de la luz; para que valga 0,99 y, por consiguiente, para que las variaciones de nuestras medidas sean del orden del 1 %, hay que alcanzar una velocidad de 42.320 Km. por segundo. Para velocidades próximas a la luz, cual sucede con las que adquieren electrones fuertemente acelerados, los aumentos pueden llegar a ser de consideración, y así sucede y se ha comprobado experimentalmente, primeramente por Kaufmann en su cámara radiactiva, y modernamente con los potentes ciclotrones de los laboratorios de física atómica.

Vemos, pues, que el sistema C. G. S. está formado sobre tres unidades que no tienen ningún carácter absoluto. La Física y la Mecánica clásicas cimentaron sus medidas en bases falsas y movedizas, y se han escogido como unidades fundamentales precisamente tres de ellas, que la Relatividad nos ha enseñado las variaciones de valor al cambiar los sistemas referenciales. Por el

contrario, hay otras cantidades que en Física tienen el carácter de constantes universales, y entendemos y proponemos que sobre ellas debe basarse un sistema de unidades que aspire a alcanzar la calificación de un sistema absoluto de medidas. Que las unidades cegesimales cumplen perfectamente su cometido en los experimentos corrientes de Física, en las mediciones de la técnica moderna y en la vida práctica, no se discute. Pero en el estado actual de la Ciencia, después de la aparición de las teorías einsteinianas y del conocimiento más profundo que se tiene hoy día de la Física del átomo y de las radiaciones electromagnéticas, el sistema clásico de medidas es de formulación manifiestamente tosca.

Al punto en que ha llegado nuestra concepción física del Mundo, se impone un sistema de medidas que partan de unidades sobre las cuales, al menos hoy, tengamos la convicción de su invariabilidad en las transformaciones físicas y mecánicas.

II. BASES DEL NUEVO SISTEMA

1.—Unidades primitivas.

Se puede establecer un nuevo sistema partiendo de unidades mecánicas fundamentales, derivando luego las unidades electromagnéticas. En la elección de las unidades primitivas, tendremos en cuenta que las mismas tengan el carácter de constantes físicas o valores que sean invariables en todos los sistemas de referencia. En lugar de escoger una unidad de longitud y otra de tiempo, como se hizo en el sistema C. G. S., tomaremos la velocidad de la luz en el vacío que es una constante física, valor invariable para todos los observadores, independientemente del sistema de referencia. De este modo, las medidas de espacio y tiempo estarán dadas por intermedio de una velocidad, precisamente aquélla que relaciona el espacio que recorre la luz para un tiempo dado. Podría también tomarse como medida que relaciona los espacios con los tiempos, el intervalo einsteniano, el valor s dado por la ecuación $s^2 = c^2 t^2 - 1^2$, valor que para todo suceso es invariante en cualquier sistema inercial. Pero hemos preferido adoptar el más sencillo de la velocidad c de la luz que aparece en multitud de fórmulas físicas, y es el elemento primordial, invariante, que enlaza dos sucesos en el espacio-tiempo de Minkowski.

Como otra unidad fundamental, tomamos una cantidad elemental de energía, la energía de radiación de un fotón o quanta de luz, que escogemos arbitrariamente: *esta unidad elemental de energía es la que se requiere para excitar el electrón del átomo hidrógeno y llevarlo de la capa K a la capa L.*

La tercera unidad será la unidad de acción. En Mecánica acción es la integral de fuerza viva x tiempo. Desde el establecimiento por Planck de la fórmula de emisión de energía radiante, el concepto de acción viene jugando un gran papel y el valor h (quanta de acción) que hacía entrar en su famosa fórmula, domina hoy todo el campo de la Física. Las variaciones de energía radiante están relacionadas con la constante h y con la frecuencia ν de la radiación electro-magnética por la ecuación:

Energía $= h \cdot \nu$ (Ecuación de Bohr).

Einstein, a su vez, ha determinado la relación que liga la fuerza viva de un electrón con la radiación que lo ha impulsado en el efecto foto-eléctrico.

$1/2\ m\ v^2 = h \cdot \nu$ (Ecuación de Einstein).

Puestos a fundamentar un sistema de unidades mecánicas partiendo de los fenómenos elementales en el campo de la Física del átomo y del electrón, forzoso es escoger una unidad para medir la acción mecánica. Esta unidad o *quantum elemental de acción* será la que corresponda al cuanto de acción del fotón-unidad.

Así, pues, las tres unidades fundamentales en el sistema propuesto son:

La velocidad de la luz $\boxed{c}$ como unidad de velocidad.

El fotón-unidad $\boxed{f}$ como unidad de energía.

El «quantum» de acción $\boxed{h}$ como unidad de acción mecánica.

A este sistema de unidades físicas lo llamaremos sistema *c. f. h.*, escrito con letras minúsculas, respetando la nomenclatura universalmente seguida para designar aquellas cantidades.

2.—Unidades derivadas.

Unidad de tiempo.

De la ecuación de Bohr.

$$\nu \cdot h = \triangle E$$

deduciremos la unidad de frecuencia, y como la frecuencia es la inversa del tiempo, tendremos definida la unidad de tiempo. Para ello supondremos que la variación de energía del segundo miembro corresponde al valor del fotón unidad, y que h es también igual a uno, entonces resulta $\nu = 1$. Como definición, h y $\triangle E$ corresponden al cuanta de acción y a la energía absorbida o cedida al saltar el electrón de la órbita K a la órbita L, la radiación correspondiente en el nuevo sistema propuesto, tiene un número de vibraciones igual a la unidad en el período de tiempo también igual a uno contado en el sistema *c. f. h.*

Dimensiones del tiempo en el sistema c. f. h.:

Al variar las unidades fundamentales, las ecuaciones de dimensiones en el sistema *c. f. h.* no coincidirán con las del sistema clásico o sistema C. G. S. Mientras en el antiguo sistema las unidades de longitud y de tiempo eran simples, en el nuevo estas unidades son compuestas, y, por el contrario, aparecen como simples las de velocidad, energía y acción.

Representando por las letras iniciales c, f, h estas unidades elementales, el tiempo se expresará en el nuevo sistema por la siguiente ecuación de dimensiones

$$t = \frac{1}{\nu} = \frac{h}{f}$$

Unidad de longitud.

Entre la fecuencia, la longitud de onda (λ) y la velocidad de la luz existe la relación

$$\lambda \cdot \nu = c$$

La unidad de longitud será igual a la longitud de onda del rayo de luz, que tiene una vibración por unidad de tiempo en el sistema s. f. h. Esta longitud de onda es la correspondiente a la raya elegida del hidrógeno

$$\text{Dimensiones: } \lambda = c\,\frac{h}{f}$$

Unidad de masa.

La relación deducida por Einstein para la equivalencia entre masa y energía $E = m \cdot c^2$ nos permite definir la unidad de masa en función de la unidad de velocidades, o sea, de la velocidad de la luz. Hecha igual a uno la velocidad de la luz, la masa se expresa por el mismo número que la energía.

La unidad de masa será igual a la equivalencia en masa del fotón unidad.

$$\text{Dimensiones: } m = \frac{f}{c^2}$$

Unidad de cantidad de movimiento.

De la ecuación que nos da la cantidad de movimiento del «quantum» unidad, deduciremos la unidad de cantidad de movimiento.

La cantidad de movimiento en Mecánica es el producto de la masa de un cuerpo por su velocidad. La masa unidad es la del fotón unidad que viaja con la velocidad de la luz.

Unidad de cantidad de movimiento = masa del fotón unidad × *c*.

Entre la energía del fotón y su masa existe la relación de Einstein.

$$\text{Energía} = \text{masa} \times c^2, \text{ luego } \frac{\text{energía}}{c} = \text{masa} \times c = \text{cantidad de movimiento.}$$

De modo que la cantidad de movimiento es la del fotón unidad, que posee la velocidad de la luz.

$$\text{Dimensiones: } \frac{f}{c}$$

Unidad de fuerza.

El trabajo, que es una energía, es igual a una fuerza por el camino recorrido.

Unidad de fuerza será aquélla que desplazándose por el camino de longitud igual a una unidad c. f. h. produce la energía del fotón unidad.

$$\text{Dimensiones: } F = f \cdot \frac{f}{ch} = \frac{f^2}{c \cdot h}$$

Unidad de aceleración.

$$\text{Aceleración: } \gamma = \frac{\text{fuerza}}{\text{masa}}$$

$$\text{Dimensiones: } \gamma = \frac{f^2}{c \cdot h} \cdot \frac{c^2}{f} = \frac{f \cdot c}{h}$$

Sin dificultad de ninguna clase se irían definiendo todas las unidades mecánicas, estableciendo las ecuaciones de dimensiones.

3.—Unidades eléctricas del sistema c. f. h.

Las podremos derivar de las unidades mecánicas del mismo modo que el sistema cegesimal. Empezaremos estableciendo la unidad de carga eléctrica mediante la ley de Coulomb.

Unidad de carga eléctrica.

$$F = \frac{e \cdot e'}{l^2}$$

Si suponemos que las dos masas eléctricas en presencia son precisamente iguales a la unidad que vamos a establecer y que a la distancia unidad se ejercen mutuamente una fuerza, también igual a la unidad, tendremos definida la unidad electrostática de cantidad de electricidad.

La definiremos del mismo modo que en el sistema cegesimal. *Unidad electrostática c. f. h. de cantidad de electricidad es la cantidad de electricidad que, colocada a la distancia unidad del sistema c. f. h. de otra cantidad igual, la repele o la atrae con una fuerza igual a uno medida en el sistema c. f. h.*

$$\text{Dimensiones: } e = 1 \cdot F^{1/2}\ ;\ e = c\frac{h}{f}\left[\frac{f^2}{c \cdot h}\right]^{1/2} = c^{1/2}\, h^{1/2}$$

Unidad de potencial eléctrico.

Se deducirá de la energía igual al fotón unidad, mediante la ecuación

$$V \cdot e = \text{energía}$$

Su definición será la siguiente: *La unidad de potencial eléctrico c. f. h. será aquélla que imprima a la carga eléctrica unidad la energía de un fotón por unidad.*

$$\text{Dimensiones: } V = f \cdot c^{1/2} \cdot h^{1/2}$$

Unidad de capacidad.

La definiremos como relación entre una carga eléctrica y un potencial, y tendrá, naturalmente, otras dimensiones que en el sistema C. G. S., donde era homogénea a una longitud

$$\text{Dimensiones: } C = c^{1/2}\, h^{1/2} \cdot f^{-1} \cdot c^{1/2}\, h^{1/2} = chf^{-1}$$

De este modo se irían deduciendo todas las unidades eléctricas, tanto electrostáticas como electro-magnéticas. Partiendo de la definición de unidad de cantidad de electricidad, se desarrolla el sistema de unidades electrostáticas c. f. h.; si, por el contrario, hubiésemos partido de la definición de unidad de masa magnética, el sistema desarrollado hubiera sido un sistema de unidades electromagnéticas c. f. h.

III. SISTEMA DE UNIDADES PRACTICAS

Las unidades prácticas pueden ser las adoptadas tanto por los países adheridos al sistema métrico decimal como a los del área anglosajona. Bastará hallar las equivalencias entre las unidades físicas y las prácticas. Y tanto para las medidas de longitud, tiempo, como para las de carácter magnético, no hay necesidad de cambiar las de uso corriente cuales el metro, el segundo, el kilowatio, el gramo, etc.

La equivalencia entre unas y otras unidades dependerá del grado de precisión de las mediciones físicas, y según los grados de precisión alcanzados así serán los valores de las constantes de equivalencia.

La ventaja lograda con el sistema propuesto estriba en la mayor simplicidad de constantes y coeficientes que entran en la Física moderna, referidos todos ellos al clásico sistema cegesimal, arbitrariamente escogido sin haber partido de los protofenómenos físicos, es decir, de los valores y relaciones fenomenales del electrón, radiación electromagnética, velocidad constante de la luz, quantum elemental de acción, etc.

Por ejemplo, el valor hallado para h, constante que liga todos los protofenómenos físicos, expresada en unidades C. G. S. vale $6{,}547.10^{-27}$ erg. seg. Nosotros la hacemos igual a la unidad, siendo a la vez unidad de medida de «acción».

La velocidad de la luz en el vacío, según las últimas determinaciones, toma el valor de $2{,}99796.10^{10}$ cm. seg^{-1}, convirtiéndola nosotros en unidad de velocidades.

El segundo tiempo venía siendo una unidad excesivamente grande para expresar los fenómenos electro-magnéticos; la relación entre el segundo y la unidad de tiempo en el sistema c. f. h. queda expresada en el estado actual de mediciones físicas por:

un segundo $= 24677775 \times 10^{-8}$ unidades de tiempo c. f. h.

Este valor se deduce mediante el siguiente cálculo. Como ecuación de partida para definir el tiempo en el nuevo sistema hemos adoptado la ecuación de Bohr $\nu = \dfrac{\triangle E}{h}$, y como es preciso tomar una cantidad de energía y una cantidad de acción, hemos escogido la radiación electro-magnética más elemental, el salto del electrón de la capa K a la capa L en el átomo de hidrógeno, produciendo la primera raya de la serie de Lyman. La cantidad de energía que entra en este fenómeno, por definición, la hacemos igual a uno, y el quantum de acción h (energía × tiempo), también en este proceso físico, lo escogemos por unidad. El tiempo queda, pues, perfectamente definido, como inversa de la frecuencia ν que en la anterior ecuación toma el valor 1. De modo que la radiación luminosa de la primera raya espectral de Lyman, tiene sólo una vibración por unidad de tiempo medida en el sistema c. f. h. Ahora bien; las frecuencias en la serie de Lyman vienen dadas por la relación

$$\nu = \nu_0 \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right) \text{ con } n = 2, 3, 4...$$

siendo ν_0 una constante igual a 329033.10^{10} en el sistema de unidades cegesimales. La raya que hemos adoptado por unidad es la correspondiente a $n = 1$, cuya frecuencia, hechos los cálculos, es de 24677775.10^{8} vibraciones por segundo. Como en nuestro sistema de unidades propuesto esta frecuencia es la que tomamos por unidad, resulta que esta raya del hidrógeno tiene una vibración por unidad de tiempo c. f. h. El tiempo c. f. h. es, pues, 24677775.10^{8} más pequeño que el tiempo C. G. S.

Un segundo $= 24677775.10^{8}$ unidades de tiempo c. f. h.

En nuestras hipótesis, la constante ν_0 tomaría el valor $\dfrac{4}{3}$, y la famosa constante de Rydberg que nos da las radiaciones en longitudes de onda, tomaría en nuestro sistema el mismo valor de $\dfrac{4}{3}$, por haber adoptado el valor uno para la velocidad de la luz.

Obsérvese la simplicidad que van tomando todas las constantes de la Física moderna, como consecuencia de nuestro cambio de unidades. Ello obedece a la circunstancia de haber escogido como unidades cantidades físicas elementales, al menos, en los conocimientos actuales de la Ciencia.

Como la unidad de longitud ha sido relacionada con la velocidad de la luz y la frecuencia de la radiación, según la ecuación

$$\lambda \,.\, \nu = c$$

λ, en este caso, será la longitud de onda de la raya del hidrógeno de la serie de Lyman. Este resultado conduce a una mayor sencillez y armonía en la enumeración de longitudes de onda que con tanta frecuencia hoy es preciso mencionar, no ya tan sólo en los tratados de Óptica, sino en toda la Física y en las aplicaciones de la misma en Electrónica y en la modernísima técnica de la energía nuclear que tanta importancia está tomando. Dando un nombre a esta longitud de onda patrón, las longitudes de onda de todas las radiaciones electromagnéticas se expresarían por múltiplos y submúltiplos de esta unidad sin necesidad de apelar a expresiones numéricas complicadas y desaparece al propio tiempo la anarquía de nombres que ha invadido este campo de la Física, con la terminología de Angströms, μ, μ $\dot{\mu}$, etc.

La relación entre la unidad elemental de energía y la unidad práctica en Física y en Ingeniería, quedará establecida partiendo de los niveles de energía del hidrógeno. Estos niveles están dados por los potenciales de excitación, tanto para producir la ionización total de los átomos de hidrógeno como para la excitación parcial de una raya determinada del espectro. Concretamente, en nuestro caso, la diferencia de energía es de 10,16 voltios (diferencia entre el potencial de ionización del hidrógeno de 13,54 V y el nivel para la primera raya de Lyman, que es $\dfrac{1}{4}$ del anterior); mejor dicho, 10,16 electrón-voltios. Como la carga del electrón en unidades electrostáticas es de $4{,}774.10^{-10}$ y el voltio son $3{,}10^{-2}$ u. e. s. la energía de 10,16 eV será igual a $16{,}165.10^{-12}$ erg., o sea, $16.1655 \,.\, 10^{-19}$ julios.

Establecida la equivalencia entre tres magnitudes del sistema c. f. h. y las análogas del sistema práctico, quedarían determinadas todas las restantes equivalencias.

IV.—VENTAJAS

Las ventajas del sistema propuesto son las siguientes:

1.ª Las unidades primitivas han dejado de ser el espacio, tiempo y masa que conducen a mediciones variables según los sistemas de referencia.

Se han adoptado, por el contrario, las unidades de energía, «quantum» de acción y velocidad de la luz que son invariantes en los diversos sistemas inerciales.

2.ª En el establecimiento del sistema de medidas se parte de elementos físicos elementales y fenómenos fundamentales. No se toman elementos del mundo físico macroscópico, sino que se va a lo elemental. La Física moderna ha estructurado sus fórmulas explicativas de los fenómenos partiendo del electrón, el «quantum»

de luz, el «quantum» de acción... Las unidades propuestas son de la misma categoría que estos procesos físicos elementales, y, por consiguiente, las constantes físicas que relacionan los fenómenos resultan ser más simples y en muchos casos números enteros.

El físico, por lo tanto, no tendría que manejar, como ahora, coeficientes, constantes y números como resultado de sus mediciones tan complicados. Aparecería una mayor belleza en el formulario de la Física.

3.ª El sistema práctico y corriente de medidas no sufriría variación alguna. Tan sólo sus unidades, en lugar de aparecer derivadas del sistema C. G. S., lo serían del c. f. h. con distintos valores de relación.

4.ª Los físicos usarían un sistema más en consonancia con el estado actual de la Ciencia. Desde el momento que nos hemos apeado del concepto de un tiempo y espacio absolutos y de una masa invariable, no debemos cimentar el sistema de unidades físicas sobre estas tres magnitudes. Hay que hacerlo sobre la energía y la velocidad de la luz que aún continúan siendo invariantes, al menos en los llamados sistemas inerciales de Einstein.

Castellón, marzo de 1950.

El Sr. Artigas, haciéndose intérprete de la opinión de los reunidos, felicita al Sr. Meliá, destacando la novedad del trabajo, de tanta utilidad en el estudio de los modernos protofenómenos.

Después de hacer uso de la palabra el Sr. Presidente, la concede al Sr. Pérez Cutillas, quien lee la comunicación siguiente:

GRUPO IX
SECCIÓN ÚNICA

N.º 224.-El reconocimiento de las fisuras superficiales en los cuerpos duros, especialmente en los aceros, por medio de la luz negra

Autor: D. SALVADOR PÉREZ CUTILLAS
Ingeniero Industrial

LUMINISCENCIA

Es bien sabido que existen ciertas substancias que, al recibir una radiación luminosa de longitud de onda conveniente, devuelven o emiten parte de la energía absorbida, en forma también de luz, pero de longitud de onda diferente y, en general, mayor (ley de Stokes).

Si transcurre un tiempo perfectamente observable entre la absorción de energía y la nueva emisión, se dice que la substancia es fosforescente. En caso contrario, es decir, cuando el cuerpo en cuestión cesa de emitir luz, cuando cesa la causa que la produce, se dice que es fluorescente.

La denominación común de estos dos fenómenos se llama «Luminiscencia».

CUERPOS LUMINISCENTES

De manera general, podemos decir que se encuentra en la Naturaleza una considerable variedad de cuerpos luminiscentes en los tres estados: sólido, líquido y gaseoso. Existe gran diferencia en la composición química de las substancias luminiscentes.

Algunas de ellas (sales de metales raros, sales de uranio, benzol, etc.) tienen propiedades luminiscentes en estado puro. En otros casos, el fenómeno no es claramente perceptible, si, a la substancia de que se trata no se le incorpora alguna cantidad de otra determinada (cuerpo activador o catalizador). Como ejemplos de este caso, pueden citarse muchos, como es el bien conocido de la calcita (CO_3Ca), que no es luminiscente sin la presencia de ligeras cantidades de manganeso.

Por fin, hay otros cuerpos, como el fosfato de calcio y el carbonato de cinc, que no se hacen luminiscentes más que parcialmente descompuestos.

Desde el punto de vista industrial, la substancia fluorescente que se utilice debe reunir unas condiciones que pueden en forma global reducirse a tres: la radiación incidente debe ser adecuadamente absorbida, y esta radiación absorbida debe ser en su mayor parte transformada en radiación luminosa y no en calor. Para cada caso habrá de escogerse una substancia fluorescente cuya radiación luminosa tenga determinada repartición espectral, así como una conveniente persistencia en la duración.

Finalmente, las substancias que, salvo alguna excepción, se obtienen en forma de polvo, deben poder extenderse en finas capas de espesor uniforme.

Como denominador común, también podemos decir que las substancias tampoco deben sufrir transformaciones químicas durante su empleo. Teniendo en cuenta este último, podemos agrupar las substancias luminiscentes de la siguiente forma: substancias para construcción de tubos de rayos catódicos (como los utilizados en oscilógrafos, receptores de televisión, aparatos de radar, etc.), substancias en la técnica de los rayos X; substancias luminiscentes en las lámparas de descarga gaseosa. Se divide este último grupo en dos subgrupos: lámparas de gas a baja presión y de gas a alta presión; y, por último, substancias detectadas por las radiaciones infrarrojas.

FUENTES DE RADIACIÓN DE LUZ NEGRA

Llámase Luz Negra, o también luz de Wood, a una gama de ondas susceptible de excitar la luminiscencia de una gran cantidad de cuerpos y que está situada entre las longitudes de onda de 2.800 Å a 4.200 Å del espectro solar, con máxima radiación hacia las 3.600 unidades Å.

En la práctica industrial, se utilizan generalmente como manantiales de luz negra las lámparas de mercurio a alta presión en ampollas de cuarzo. La luz visible que emiten esas lámparas es absorbida por un cristal que lleva en su composición óxido de níquel.

Describimos a continuación dos tipos de vidrio coloreado con óxido de níquel, muy empleados en la práctica.

Permeabilidad de dos tipos de vidrio del mismo espesor, coloreados con óxido de níquel:

Longitudes de onda en unidades Å	Permeabilidad en %	
	Tipo I	Tipo II
4.047	2	2
3.565	71	65
3.342	68	27
3.130	43	3
3.022	28	—
2.967	10	—

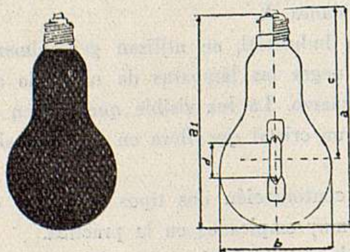
Como puede observarse, la tabla expuesta muestra para un cierto número de rayas de mercurio la transparencia de tales vidrios coloreados con óxido de níquel. También se ve que la transparencia es prácticamente nula para el dominio visible (a excepción del rojo extremo, donde ambos son permeables, pero como las lámparas de descarga de mercurio proporcionan muy pocas radiaciones rojas, esta permeabilidad carece de importancia). La máxima transparencia está situada en los dos vidrios en la raya de 3.565 Å, que es donde está precisamente la raya de más energía del espectro de mercurio. Los dos tipos, en cambio, revelan diferencias notables hacia las longitudes de onda más cortas. Para el tipo I, la transparencia es todavía grande para las longitudes comprendidas entre 3.130 y 2.967 Å, en tanto que para el tipo II esta transparencia es prácticamente nula. Con el vidrio número II se evita completamente toda posibilidad de que pueda producirse al observador conjuntivitis alguna, por lo que este filtro es más comúnmente usado en la industria.

Las lámparas empleadas para análisis industriales son de diversas potencias, pero, por su cómodo uso, están muy generalizadas las de 500, 125 y 75 W.

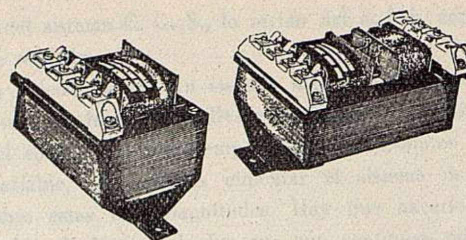
Describimos a continuación la empleada en la empresa Construcciones Aeronáuticas, S. A. Se trata de una lámpara de forma semejante a las de incandescencia de 176 mm. de longitud por 80 mm. de diámetro, de casquillo normal y de 125 W. de potencia. La lámpara propiamente dicha es un tubo de cuarzo que encierra un gas noble y el mercurio. Lleva este tubo de mercurio dos electrodos empotrados en sus extremos, y entre los que se establece la descarga. Este tubo va envuelto en una ampolla de cristal de óxido de níquel, por lo que la lámpara, decíamos, tiene aspecto muy parecido al de las de incandescencia normales, si bien el color del cristal de aquélla es negro a simple vista.

Como toda lámpara de descarga, exige ésta, para su buen funcionamiento, una reactancia estabilizadora de la tensión y construída para el voltaje y frecuencia de la red en que ha de lucir.

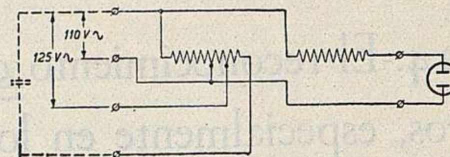
La lámpara va provista de un reflector que puede ser de aluminio o de acero cromado, materiales para los que la luz negra tiene mayor coeficiente de reflexión.



Forma y dimensiones.



Accesorios eléctricos.



Esquema de conexiones del transformador de dispersión.

La lámpara que hemos visto en la instalación que tiene la Sociedad de Transportes Aéreos Iberia, S. A., es una lámpara normal de mercurio de unos 100 W. de potencia, a la cual se le añade el vidrio negro de Wood.

PROCEDIMIENTO EMPLEADO PARA EL RECONOCIMIENTO DE LAS FISURAS

Si se trata de aceros, lo primero que debe hacerse es imantar o magnetizar la pieza al objeto de retener las partículas de material fluorescente que, como explicaremos a continuación, debe ser magnético. La imantación de la pieza puede efectuarse por el paso de una corriente continua muy intensa (puede llegar hasta los 3.000 A) a través de la misma pieza, y en este caso las líneas de fuerza normales al paso de esta corriente crean en la grieta un imán que es el que retiene la sustancia magnética fluorescente.

La pieza se suele imantar también por influencia; entonces se coloca como armadura de un imán en herradura, cerrando así el circuito magnético de éste.

La substancia fluorescente que se utiliza es un polvo muy fino de óxido ferroso férrico, cuyos minúsculos granos quedan recubiertos de una laca fluorescente. Estos pequeñísimos granos fluorescentes forman una lechada con petróleo refinado, pues en forma líquida es como se hace necesario utilizar la substancia fluorescente. La pieza que se desea reconocer se baña a chorro o por inmersión en la substancia fluorescente, que queda fuertemente retenida en la grieta, por pequeña que ésta sea, por fuerza magnética y por tensión superficial (capilaridad). Se lavan después con un chorro de petróleo refinado. Sometida la pieza a la luz negra, podrá apreciarse seguidamente la grieta, si existe, por insignificante que sea.

Como ayuda al reconocimiento, conviene someter la pieza de acero a una calefacción previa, que no debe pasar de los 70° C. Esto se efectúa por medio de aire caliente, inyectando una corriente a través de unas resistencias elécricas.

Actualmente, Construcciones Aeronáuticas, S. A., ha ensayado utilizar como radiador térmico para efectuar esta calefacción lámparas de radiaciones infrarrojas. Este sistema tiene la ventaja de ser mucho más rápido en llevar la pieza a la temperatura conve-

niente, en ser más económico de primera instalación y menos voluminoso, además de consumir mucha menos corriente. Al final de este capítulo se da una sucinta descripción de las lámparas de radiaciones infrarrojas y sus características más importantes.

Para el reconocimiento de los metales no férreos, el procedimiento es el mismo, salvo que la pieza, naturalmente, no se imanta, por lo que la substancia fluorescente (distinta en este caso) queda retenida en la ranura sólo por capilaridad, sin otra fuerza que la que proporciona la tensión superficial.

El líquido empleado en este caso no es una lechada como en el anterior, sino que es por sí fluorescente. Una vez bañada la pieza en la substancia fluorescente, puede pasarse la misma por un baño fijador, pero en los casos ensayados no hemos apreciado la necesidad de éste.

Aun reconociendo que el sistema aplicado a los metales no férreos hay que conceptuarlo como práctico, la detección se aprecia con mucha mayor facilidad, por pequeña que sea la grieta, en los aceros. El sistema puede hacerse extensivo a otros cuerpos duros, como, por ejemplo, bakelita, mármol, etc.

RADIADOR TÉRMICO

(Lámparas de radiaciones infrarrojas de 250 W.)

Se trata de un radiador térmico. Está situado el vértice de su curva de distribución de energía hacia los 13.000 Å.

La forma de la curva de emisión y el espejo interior hacen superfluo el empleo de reflectores, lo que hace de este radiador una excelente fuente de radiaciones infrarrojas.

El radiador de 250 W., o lámpara de radiaciones infrarrojas, está confeccionado con ampolla plateada interiormente. La parte plateada tiene la forma de un paraboloide, en cuyo foco existe un filamento concentrado de tungsteno de 250 W.

En la figura 1 damos las dimensiones de este radiador.

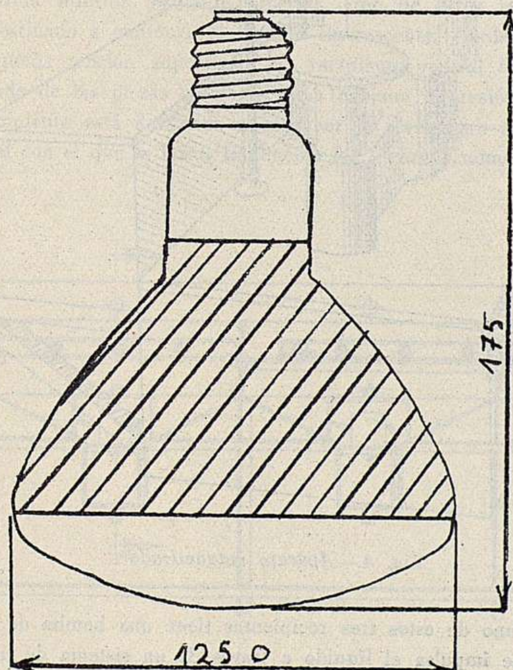


Fig. 1.—*Radiador de rayos infrarrojos.*

División espectral de la energía.

La división espectral de la energía de un cuerpo llevado a una temperatura determinada, da la cantidad de energía radiada en el espectro visible, en el ultravioleta y en el infrarrojo. La curva de la figura 2 da la distribución de energía de un radiador de

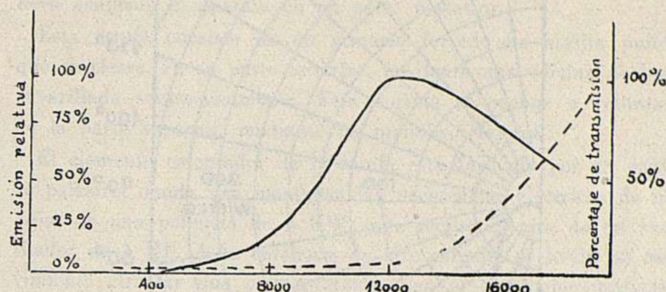


Fig. 2.—*División espectral de la energía.*

250 W. En las ordenadas figuras en tanto por ciento, la emisión (radiación total) y en las abscisas se representa la longitud de onda en Å.

Si se aumenta la temperatura del radiador térmico, el vértice de la curva de energía se desplaza hacia las longitudes de onda más cortas. La curva más conveniente de repartición de energía requiere ya una elevación grande de temperatura, por lo que el filamento debe ser de un material de elevado punto de fusión. Actualmente se ha elegido el tungsteno que, a causa de la temperatura elevada a que ha de estar el filamento, va introducido en una ampolla que contiene un gas inerte.

En cuanto al rendimiento de la lámpara, se ha demostrado que la mejor solución es hacer coincidir el vértice de la curva de emisión con los 14.000 Å.

¿Filamento de carbón o filamento metálico?

Como cuerpo incandescente, ya hemos dicho que se ha elegido el filamento de tungsteno, dentro de una ampolla llena de gas inerte. A pesar de que el gas ocasiona ciertas pérdidas, tiene la ventaja de reducir en gran proporción la evaporación del tungsteno, evitando con ello el ennegrecimiento de la ampolla.

Este inconveniente del ennegrecimiento del cristal de la ampolla es mucho más manifiesto cuando se utiliza filamento de carbón, que también se ha empleado a veces como radiador térmico. Esta clase de filamento tiene, además, la desventaja de no poder tomar la forma conveniente para que el haz calorífico del radiador sea lo suficientemente concentrado, razones éstas por las que se ha dado preferencia al filamento de tungsteno ya mencionado.

Distribución del calor en el radiador de 250 w.

la figura 3 representa la curva de distribución del calor del radiador. Esta curva, con el radiador en 0 y girando sobre su eje vertical, forma en el espacio un cuerpo de revolución que representa, a escala conveniente, la magnitud de la radiación en todos los sentidos. La diferencia entre las figuras 2 y 3 radica en que la primera indica la calidad de la radiación y la segunda la cantidad.

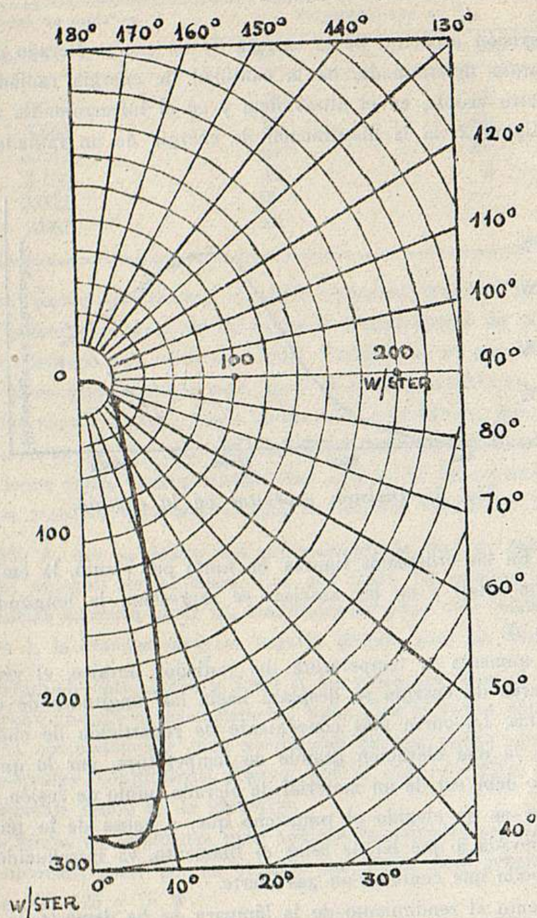


Fig. 3.—*Curva de distribución de energía.*

Distancia entre radiadores.

La figura 3 demuestra que la mayor parte del calor se radía en un cono de 30° en el vértice, dato que hay que tener en cuenta para escoger la distancia entre cada dos radiadores. De esto resulta que la distancia entre los ejes de los radiadores no debe pasar de la mitad de la altura de suspensión. La distancia mínima está determinada por las dimensiones de la ampolla, por lo que será de unos 13 cms. aproximadamente.

DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN UNIVERSAL PARA DETECCIÓN DE GRIETAS EN CONSTRUCCIONES AERONÁUTICAS, S. A.

La instalación completa consta de cuatro aparatos, que son:

1. Magnetizador.
2. Detector magnético.
3. Detector amagnético, cámara obscura e instalación térmica.
4. Desmagnetizador.

1. Magnetizador.

Como puede apreciarse en la figura, vense en primer término los dos platos terminales del gran electro-imán en herradura. A la derecha está encerrada en un cajón la batería de acumuladores que proporciona la corriente continua. Encima del cajón y hacia la izquierda se encuentra una caja de resistencias reguladoras de la intensidad. En el cuadro, además de los aparatos de medida y los interruptores, se encuentra un «relé» de tiempo que determina la duración de la corriente.

2. Aparato detector magnético.

Consta de tres depósitos para contener la suspensión magnética fluorescente, la suspensión magnética no fluorescente y petróleo para la limpieza, respectivamente.

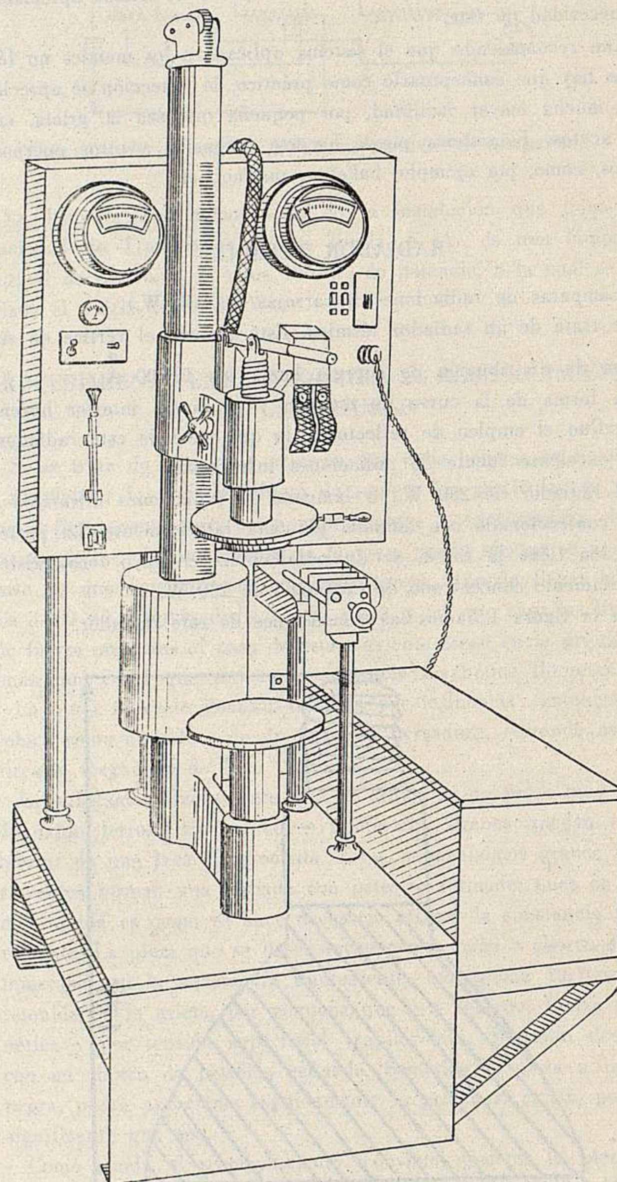


Fig. 4.—*Aparato magnetizador.*

Cada uno de estos tres recipientes tiene una bomba de engranajes que impulsa el líquido a través de un sistema de tuberías que se acciona con una llave de tres vías y que permite, a voluntad, que el líquido salga por una manguera o vuelva al de-

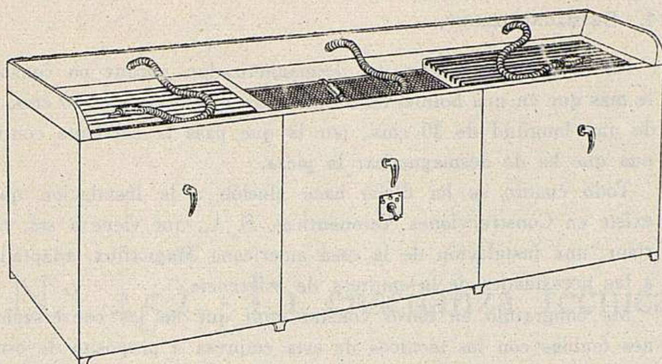


Fig. 5.—*Perspectiva del aparato detector magnético.*

pósito. La intensidad del chorro que sale por la manguera es graduable mediante el accionamiento de la llave de tres vías.

Las tres bombas se accionan, a la vez, mediante un sistema de transmisión por correas trapezoidales impulsadas por un motor eléctrico de 1 HP, provisto de un circuito de inversión de marcha para producir la agitación de los líquidos.

Sobre la parte superior de los recipientes hay unas bandejas de madera especial, montadas en unas vías en las que pueden deslizarse en sentido longitudinal.

Un sistema de filtros impide que las suspensiones se impurifiquen con virutas o residuos de cualquier clase.

El detector magnético descrito está íntegramente forrado de chapa lisa de acero, pintada con esmalte cuarteable, resistente a la acción del petróleo y los hidrocarburos.

3. Detector amagnético, cámara obscura e instalación térmica.

Consta de tres recipientes rectangulares de chapa de hierro, con salida inferior mediante tuberías. Uno de estos recipientes está destinado a contener el líquido fluorescente, emulsionable y de pequeña tensión superficial. El recipiente central sirve para el lavado de las piezas mediante agua caliente a presión. El tercer recipiente está destinado a contener el revelado o detergente especial con el que se lavan finalmente las piezas. Encima de estos tres recipientes hay otras tantas bandejas de madera especial, montadas sobre rodámenes en unas vías que permiten el deslizamiento transversal.

Las dos bandejas centrales, en su movimiento por las vías, pueden situarse sobre los recipientes o dentro de una estufa que lleva acoplada el aparato en su parte posterior.

Esta estufa consiste en un armario forrado de uralita pulida que se cierra, en su parte anterior, mediante una cortina de lona envarillada transversalmente. Esta cortina se recoge a voluntad, en la parte superior, mediante un manubrio lateral.

El elemento calentador de la estufa está formado por un cajón de palastro, donde van montadas las resistencias eléctricas de nicróm de una potencia de 3 KW., que recibe el aire de un ventilador de 1 HP. A la corriente de aire caliente se le da un movimiento circular que cierra circuito con el ventilador mediante un plano inclinado. En esta estufa, las piezas se calientan entre 50 y 70° C.

Sobre la estufa, una visera de madera forma el techo de la cámara oscura, que se completa mediante cortinas negras que pueden recogerse a los lados gracias a correderas de carril. Dentro

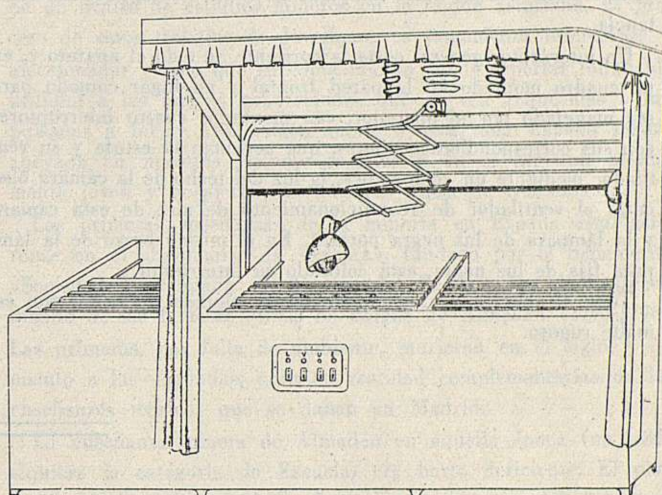
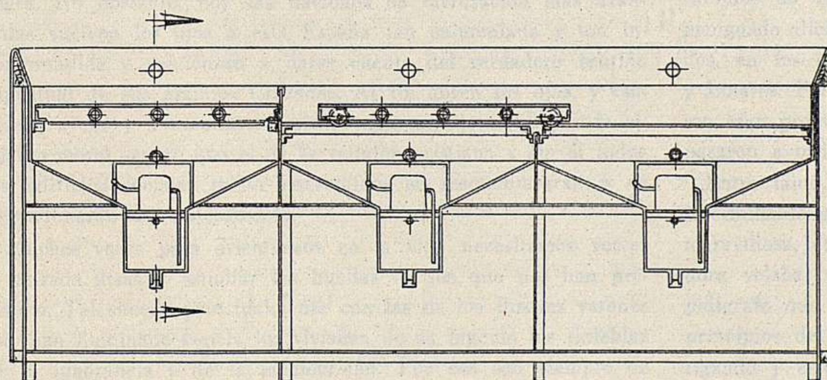


Fig. 7.—*Aparato detector magnético y cámara obscura.*



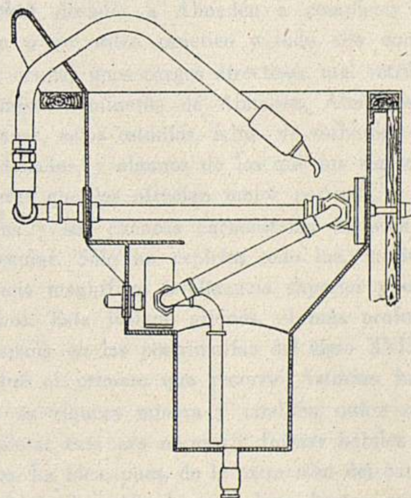


Fig. 6.—*Corte y vista del aparato detector magnético.*

de esta cámara obscura hay instalado un ventilador para la renovación del aire y una luz de «plafón» en el techo.

Instaladas en esta cámara hay dos lámparas de luz negra de 150 W., incluído el consumo del accesorio; una de ellas fija, sobre un soporte de pantógrafo que permite, con movimientos en todas direcciones, situar el foco en el lugar apetecido. La otra

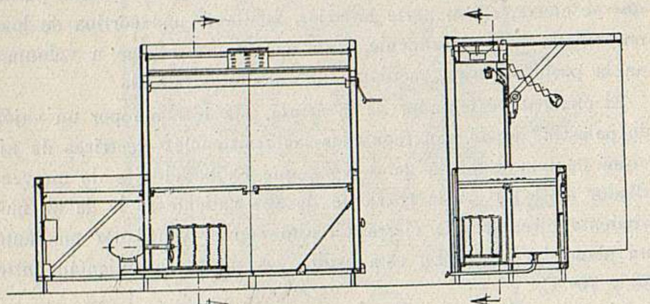


Fig. 8.—*Corte y vista del aparato amagnático y cámara obscura.*

lámpara es portátil, a fin de poderla colocar en el interior de las piezas. Cada una de estas lámparas lleva su correspondiente reactancia.

Un interruptor general corta la corriente de todo el aparato y, en un cuadro montado en la pared frontal y en lugar cómodo para ser manejado por el operador, van montados cuatro interruptores con sus correspondientes pilotos, que accionan la estufa y su ventilador mediante un «contactor», la luz del techo de la cámara obscura, el ventilador de acondicionamiento de aire de esta cámara y la lámpara de luz negra portátil. En el mismo brazo de la lámpara fija de luz negra, está colocado su interruptor.

Todo el aparato va forrado de chapa pintada de negro con esmalte rugoso.

4. Desmagnetizador.

No se presenta dibujo del desmagnetizador, porque no consiste más que en una bobina de un diámetro medio de unos 50 cms. y de una longitud de 30 cms., por la que pasa la corriente continua que ha de desmagnetizar la pieza.

Todo cuanto se ha dicho hace alusión a la instalación que existe en Construcciones Aeronáuticas, S. A., que viene a ser, en rigor, una instalación de la casa americana Magnaflux, adaptada a las necesidades de la empresa de referencia.

Me congratulo en hacer constar aquí que en las conversaciones tenidas con los técnicos de esta empresa a propósito de este asunto he podido apreciar la enorme labor que han desatrrollado y vienen desarrollando en el reconocimiento de materiales por este sistema.

La instalación vista en la empresa Iberia, S. A., es muy semejante. La única diferencia consiste en que el tipo de lámpara de luz negra es distinto, como hemos dicho, y en que la magnetización de la pieza de acero se efectúa por corriente alterna (aprovechando solamente el magnetismo remanente). La desmagnetización también tiene lugar por la misma corriente.

En la magnetización por inducción que efectúan en Iberia, es muy notable observar la gran variedad de bobinas que han construído a tenor de la forma y dimensión de la pieza que se quiera magnetizar.

Diremos, por último, que la memoria que presentamos expone muy superficialmente los hechos; que no tiene la misión de enseñar nada técnico, pues no dice ninguna novedad, si bien puede servir únicamente para mostrar a los metalúrgicos españoles que ha de ser de interés para ellos la instalación de este sistema de detección de grietas.

Madrid, mayo de 1952.

Después de la lectura por el Sr. Cutillas de su trabajo, que es elogiado, la Presidencia concede la palabra al Sr. Patac, quien lee a continuación el siguiente trabajo núm. 252:

N.º 252. - La enseñanza técnica minera y metalúrgica en España

Autor: D. IGNACIO PATAC
Ingeniero de Minas

I

LA INICIACIÓN DE LA ENSEÑANZA MINERA EN ESPAÑA

LA ESCUELA DE MINAS DE JOVELLANOS

Nuestro glorioso pasado es una cantera inagotable de iniciativas magníficas y de realizaciones grandiosas. El genio español ha sido, sin duda, el más brillante y clarividente de toda la tierra.

Mucho antes de que surgiera el proceso evolutivo que viene experimentando el mundo en el orden social, desde mediados del siglo XVIII, ya España había proclamado universalmente por la voz y la fuerza de sus insignes caudillos, la supremacía del valor moral sobre todos los demás valores y del dominio espiritual sobre todos los demás dominios. No puede haber grandeza en ninguna acción humana si su fuerza impulsora no se apoya en la idea de un Dios inmanente, Creador de todas las cosas. En las épocas de mayor persecución religiosa, España se erigió decidida y heroicamente en la defensora del Catolicismo. Y ella fué, durante varios siglos, la rectora moral de muchos pueblos de la tierra. Por ello fué más tarde motejada de retrógada y oscurantista, y ciertos países fraguaron contra ella su injusta leyenda negra. No obstante, hoy las naciones de civilización más avanzadas vuelven los ojos a esta España tan calumniada y tan incomprendida y comienzan a darse cuenta del verdadero sentido espiritual de sus grandes Cruzadas. Al fin abren los ojos, y empiezan a ver y a entender. España tenía razón: no hay más cimiento moral seguro que el de la religión cristiana y sin él todos los edificios sociales mejor construídos se resquebrajarán y se desmoronarán estrepitosamente.

Muchas veces para orientarnos en la vida necesitamos volver la mirada atrás y estudiar las huellas de los que nos han precedido. Tal sucede principalmente con las de los ilustres varones que han iluminado con la luz vivísima de su ingenio las tinieblas de la ignorancia y de la mediocridad. Por eso son siempre de actualidad, como dijo «Azorín» en uno de sus notables artículos: Cervantes, Lope de Vega, *Jovellanos*...

En nuestra nación es bien conocida por sus «*Representaciones e Informes*» la actuación de nuestro insigne polígrafo don Gaspar Melchor de Jovellanos respecto a la explotación, transporte y embarque de los carbones de la cuenca central de Asturias, pero lo es mucho menos y hasta puede decirse que es casi desconocida en detalle su admirable labor en pro de la creación de un centro de estudios mineros en la región asturiana. El proceso de estos trabajos de Jovellanos es sumamente interesante y aleccionador y creo que su conocimiento puede reportar indudable utilidad a las nuevas generaciones que se ven requeridas e impulsadas a forjar una nación fuerte y rica, una España mejor, apoyada en nuestras virtudes raciales y en el espíritu, eternamente joven y despierto, de nuestras gloriosas tradiciones.

Las primeras enseñanzas de la minería en España estableciéronse en el «Seminario de Vergara», fundado por la benemérita «Sociedad Vascongada de Amigos del País» y en el Establecimiento de las famosas minas de azogue de Almadén (1777-1778). Las primeras, por falta de ambiente, murieron en el siglo, y en cuanto a las segundas, eran en realidad complementarias de las enseñanzas teóricas que se daban en Madrid.

La enseñanza minera de Almadén en aquella época (no tenía siquiera la categoría de Escuela) era harto deficiente. El plan era confuso y desarticulado. Los alumnos que necesitaban trasladarse primeramente a Madrid para adquirir sus conocimientos científicos, debían pasar después a Almadén a completar sus estudios de aplicación o de orden práctico y todo ello con el menguado aliciente de ocupar unos cargos directivos, mal retribuídos, en los establecimientos mineros de Almadén, Almadenejos y Linares. Por esta causa, estos estudios, faltos de estímulo, fueron bien pronto abandonados, y algunos de los que los siguieron pasaron a otras carreras que les ofrecían mejor porvenir.

Entre tanto, Asturias y sus cuencas carboníferas dormían su interminable sueño secular. Sólo un espíritu todo luz, intuición maravillosa, clarividencia magnífica, inteligencia superior y creadora velaba: Jovellanos. Este insigne gijonés, el más profundo polígrafo que tuvo España en las postrimerías del siglo XVIII y principios del XIX, fué el primero que recorrió Asturias investigando y estudiando su riqueza minera y también quien comprendió que para explotar ésta era necesario formar hábiles mineros y diestros pilotos. La idea, pues, de la extracción del carbón y su transporte marítimo ha sido lo que hizo brotar en su pensamiento la de la creación del «Real Instituto Asturiano» (el

primer Instituto español) que más tarde llevó su nombre. Este Instituto ha sido la obsesión de Jovino durante muchos años, su preocupación constante, el hijo más amado de su enorme y trascendental labor, pues aspiraba a que fuera el cimiento más firme del laboreo de minas en Asturias y de una flota importante que condujera sus productos a través de los mares, hasta los más apartados continentes.

¡Cuántos desvelos y fatigas se impuso Jovellanos por estudiar y conocer las minas de Asturias! ¡Con cuánta paciencia y exquisitos cuidados recogía datos, consultaba obras extranjeras y sostenía correspondencia con personas versadas en estos asuntos!

Las generaciones modernas desconocen la inmensa labor de Jovellanos, especialmente la que hizo en pro del engrandecimiento económico de España.

Para conocer en toda su integridad el pensamiento de Jovellanos al fundar el Instituto, es necesario leer con detenimiento todos sus numerosos trabajos, informes, diarios, cartas particulares, etc., muchos de los cuales se hallan impresos, pero otros permanecen todavía inéditos (1).

El 6 de mayo de 1782 leyó Jovellanos, en la «Real Sociedad de Amigos del País de Asturias», un escrito sobre la necesidad de fijar en la provincia la enseñanza de las ciencias útiles y propuso se abriera una suscripción para enviar dos jóvenes a estudiar en Vergara las matemáticas y las ciencias físicas y para enviarles después a viajar por los países mineros a fin de que perfeccionasen sus estudios con la observación. La suscripción fué abierta y se recaudaron algunos fondos, pero no hubo el entusiasmo necesario para que la magnífica idea de Jovellanos pudiera entonces ser llevada a la práctica.

En aquella época, Asturias estaba casi incomunicada con el resto de España. Ni carreteras ni buenos caminos tenía.

En el año antes citado de 1782, fué comisionado Jovellanos para «disponer el señalamiento, apertura y construcción de un camino de cinco leguas desde el puerto de Gijón hasta la ciudad de Oviedo», encargo que ejecutó rápidamente, y en el siguiente año informó al Gobierno «sobre la necesidad de continuar el mismo camino hasta la ciudad de León y la de abrir otros dos para dar a los concejos de oriente y poniente de Asturias comunicación con Castilla».

No arredró a Jovellanos su primer fracaso al pretender crear los estudios de ciencias útiles en Asturias, especialmente los estudios de minería, y aprovechando años después, en 1789, la circunstancia de cierto recurso en que un vecino de Gijón reclamaba la libertad para el cultivo y tráfico de los carbones, propuso a S. M. el Rey Carlos IV, por mediación del benemérito Ministro de Marina, don Antonio Valdés y Bazán, a quien tanto debe Asturias, la necesidad de arreglar dichos cultivos y tráfico. Jovellanos fué encargado de dictaminar sobre este importante asunto, y en el mismo año informó al Gobierno en el sentido de que este ramo de industria, como otra cualquiera, debía abandonarse enteramente a la acción e influjo del interés individual. Que el Gobierno sólo debía encargarse de prestar auxilios y que estos auxilios debían reducirse a tres solos artículos: protección, facilidades y luces. En una palabra, que se debía: Primero, proteger la propiedad de las minas y la libertad de su beneficio y tráfico. Segundo, facilitar el transporte del carbón por tierra abriendo caminos y por agua animando su exportación y navegación. Tercero, fundar en Asturias la enseñanza de Mineralogía teórica y práctica.

Este informe de Jovellanos fué el punto de partida de la importante comisión que seguidamente se le confió de hacer el estudio de las minas de carbón de Asturias.

El primero de los auxilios propuesto por Jovellanos fué inmediatamente concedido, o sea, el de la libre explotación del carbón de piedra por el propietario del terreno en que se hallase enclavada la mina, pero si el propietario, una vez descubierta la mina, se negara a beneficiarla por su cuenta, arrendarla o venderla, se adjudicaría su beneficio al descubridor, dando éste al propietario la quinta parte del producto obtenido.

El promotor, como ya se ha dicho, de estas disposiciones lo fué un vecino de Gijón, don Juan Bautista González Valdés, que hizo una representación diciéndose descubridor de las minas de carbón sitas en los concejos de Langreo y Siero.

Jovellanos apoyó su proposición de crear una Escuela de Mineralogía en la villa de Gijón con razones tan claramente expresadas, como las siguientes:

«Convendrá, pues, establecer en Asturias la enseñanza de la mineralogía, exigiendo una escuela teórica y práctica de esta ciencia. Semejante establecimiento hará a aquella provincia un bien inestimable, pues no sólo perfeccionará hasta el mayor grado posible el beneficio económico de sus riquísimos veneros de carbón de piedra, sino también el de otros muchos excelentes minerales de que abunda, sin excluir los más ricos y preciosos que tanto cebaron en otro tiempo la codicia de los romanos, como atestiguan sus escritores y señaladamente Floro y Plinio. Es verdad que esta escuela supone la previa enseñanza de las Matemáticas y la Física, pero tales estudios, como recíprocamente indispensables, pueden y deben establecerse unidamente y en una misma escuela: siendo entonces no sólo más provechoso, sino también más fácil y menos dispendioso su establecimiento.»

«Un medio obvio y oportuno de lo que llevo propuesto a V. M. sería la creación de un Consulado en el Puerto y Villa de Gijón, conforme al artículo 53 del Reglamento del comercio libre de 12 de octubre de 1778, y a su cargo una escuela que comprendiese la enseñanza de las ciencias exactas y naturales baxo de un sistema bien regulado. Entonces no habría ramo de quantos pueden influir en el bien de aquella Provincia que no se adelantase y prosperase a la luz de estas ciencias: la Mecánica para animar las Artes y Oficios; la Navegación para criar buenos Pilotos: la Chímica para mejorar los tintes y blanqueos: la Mineralogía para extraer los minerales: la Metalurgia para perfeccionar el conocimiento y uso de los metales. Todos los ramos de útil y provechosa industria aprovecharían estas luces y con ellas recibirían un aumento increíble. Sí, Señor, este es el grande, el importante medio a que deben sus ventajas y opulencias las Naciones sabias e industriosas, y éste es el que deben esperar los vasallos de V. M. de su Real beneficencia y sin el cual las provincias más pobladas y laboriosas continuarán en la pobreza y desaliento en que hoy se hallan.»

Comisionado Jovellanos, como ya se ha dicho, para estudiar las minas de carbón de Asturias, vino a esta provincia a principios de septiembre de 1790, después de cumplir otra delicada comisión

(1) Véanse las obras de don Julio Somoza «Inventario de un jovellanista» (1901) y «Registro Asturiano» (1927).

oficial en Salamanca, y en mayo del siguiente año presentó a S. M., por mano del ministro Valdés, su magnífico informe, que comprende diferentes memorias. En la primera dió una idea general y exacta de las riquezas y favorable situación de las carboneras de Asturias y de las muchas y grandes ventajas que podía sacar la nación de su cultivo y comercio y llamaba la atención del Gobierno hacia tan importante objeto, proponiendo los medios más oportunos para dar el mayor impulso a este ramo de industria interior y de comercio activo de España. En la segunda, satisfizo a una representación remitida a su informe del director general de Minas, don Francisco Angulo, quien pretendía que las minas de carbón pertenecían a la corona, contra lo declarado por Real Cédula de 25 de diciembre de 1789, expedida en virtud de su primer informe. Desvaneció los argumentos de Angulo asegurando la propiedad de las minas a los dueños de los terrenos en que se hallan, con lo que la Real Cédula del 89 fué confirmada por otra de agosto de 1792. En la tercera propuso la apertura de un camino breve y cómodo desde las minas de Langreo al puerto de Gijón para facilitar y abaratar la conducción de los carbones y fomentar su exportación y comercio exterior. En la cuarta expuso *la necesidad de fomentar en Asturias el estudio de la Mineralogía, para aprovechar mejor las diferentes minas en que abunda el país, y a este fin la de establecer en el Principado la enseñanza de las matemáticas físicas, proponiendo la combinación de esta enseñanza con la de las ciencias náuticas.* En la quinta y sexta propuso los medios de costear el camino y dotar la enseñanza ya indicada, y en la séptima, las providencias y estímulos que convenía poner en práctica para *fomentar la exportación marítima de los carbones y formar una importante marina carbonera* que diese el mayor impulso a este objeto y produjese las grandes ventajas que había logrado la sabia economía de los ingleses en el tráfico de sus carbones.

En 12 de diciembre de 1792, el ministro Valdés ofició a Jovellanos dándole traslado de la R. O. por la que se mandaba establecer en Gijón la «Escuela de Matemáticas, Física, Química, Mineralogía y Náutica» propuesta por el insigne gijonés. En esta R. O. se le encargaba de su ejecución, formación del plan y ordenanzas. Para la dotación de la misma se ordenaba fueran separados de la renta de aguardientes agregada al Hospicio de Oviedo «cincuenta mil reales de vellón al año». Y para establecer la Escuela se ordenaba fuera admitida la oferta que había hecho el capitán de navío, don Francisco de Paula de Jovellanos, hermano de don Gaspar, de ceder una casa de su propiedad y de encargarse de algunas de las partes de la enseñanza, dándole gracias por su generosidad y patriotismo.

La ciudad de Oviedo, que hasta entonces no se había ocupado poco ni mucho del cultivo de las minas de carbón de Mieres y Langreo, no obstante hallarse situadas a tan corta distancia de las mismas, no vió con buenos ojos la R. O. anteriormente citada, y con fecha 23 de diciembre del mismo año el Ayuntamiento de la capital ofició a Jovellanos suplicándole se sirviera manifestarle algunas de las principales causas por las cuales se había dado la preferencia al puerto de Gijón para disponer el establecimiento de las cátedras de Ciencias Exactas, sin embargo, de que a primera vista parecía que serían más útiles en aquella ciudad. Jovellanos contestó atentamente este oficio dos días después, o sea, el día de Navidad, y en su larga y bien razonada contestación se lee, entre líneas, la decepción y la amargura que había producido en su ánimo tal oficio.

En su contestación, Jovellanos expuso razones de tanto peso como las siguientes: «Encargado de proponer a S. M. los medios más directos de fomentar el comercio interior y exterior del carbón de piedra de Asturias, no podía olvidar entre ellos el de favorecer la marina mercantil para abaratar su conducción por mar, puesto que la carestía de los fletes es el mayor de todos los estorbos que se oponen al progreso de este comercio. Tenía a la vista el exemplo de los ingleses que empleando en el transporte de sus carbones más de mil y seiscientos buques de gran cabida, han logrado criar una marina carbonera que surte de marineros y pilotos no sólo a su navegación mercantil, sino también a su marina Real...» «Asturias tiene más de treinta puertos sobre una costa de más de quarenta leguas de frente: pero no pudiendo residir la escuela sino en uno sólo preferí el de Gijón no por las razones que suponen los que no me conocen, sino por las siguientes: 1.ª, porque mis proposiciones iban principalmente dirigidas a fomentar la extracción de los carbones y ésta sólo se hacía por Gijón; 2.ª, porque las escuelas de Náutica se han mandado establecer con preferencia en los puertos habilitados para el comercio de Indias y Gijón lo es; 3.ª, porque situado Gijón en medio de la costa de Asturias, me parecía estar en mejor proporción para difundir por ella la enseñanza; 4.ª, porque me constaba que Gijón tenía pretendido formalmente este establecimiento desde 1789; 5.ª, porque me constaba así mismo que mi hermano mayor tenía desde entonces ofrecido a S. M. una casa propia para situarle y además la enseñanza gratuita de las matemáticas, y 5.ª, porque, comparadas las circunstancias de los puertos y sus poblaciones, no me parecía Gijón menos merecedor que otra de esta ventaja.»

«Pero como en mis planes entrase también el deseo de arraigar en Asturias los conocimientos mineralógicos, me pareció que si pudiese combinar con la enseñanza de la Náutica la de la Mineralogía habría llenado todos los números de mi obligación y mis deseos...» «Si todavía se me pregunta por qué no procuré reunir esta enseñanza a las demás que se dan en nuestra Universidad y fixarla en ella, diré que, además de las razones indicadas, tube para ello las siguientes: 1.ª, que la Universidad no necesita cátedra de matemáticas, pues la tiene ya; 2.ª, que no necesita cátedra de náutica porque este estudio no puede pertenecer a su plan, que aunque necesita la enseñanza de Física experimental, lo podrá tener quando quiera, si en lugar de la Física especulativa que es tan inútil, enseñare la experimental que es tan provechosa; esto es, si en vez de explicar la Física del Goudin, explicáre la de Muschen-Broek; 4.ª, que es mejor multiplicar que disminuir los institutos literarios; 5.ª, que es mejor dividirlos que amontonarlos; 6.ª, que es difícil combinar la enseñanza de las ciencias intelectuales con la de las ciencias demostrativas; 7.ª, que es mucho más difícil todavía conciliar el espíritu de los que profesan las primeras con el de los que cultivan las últimas; 8.ª, que siendo enteramente distintas las vocaciones de los que se dan a unas y otras no pueden robarse los discípulos ni dañarse en manera alguna; 9.ª, que la Universidad trataba de mejorar y completar su plan y no me tocaba a mí trastornar sus ideas, ni incluirme en ellas; 10.ª, que aunque trataba también de completar

su dotación, todo mi cuidado debía reducirse a no embarazar sus propuestas con las mías: y así lo hice, huyendo muy de propósito de los objetos de dotación a que tenía dirigidos sus deseos y en que fundaba sus esperanzas. Y, por último, que si la Universidad no logra estos deseos no podrá estar mal al país tener un establecimiento en que su juventud estudie las ciencias útiles y que si los logra, lejos de envidiar el establecimiento concedido a Gijón, deberá celebrarle: porque nunca su instituto será más útil, que cuando difundidos por todas partes los útiles conocimientos, una noble emolución perfeccione lo que la ruin envidia atrasa y destruye.»

«Sírvase V. S. de hacer presente estas razones al Ilustre Ayuntamiento, asegurándole que quien ha trabajado siempre por el bien y la gloria del país, jamás podrá desmentir su celo por más que le vea mal recompensado.»

A causa de este incidente con Oviedo hallábase muy dolido Jovellanos, quien con fecha de febrero de 1793 escribía a su íntimo amigo, el canónigo don Carlos González Posada: «Aseguro a usted que espero de ella (de la Escuela) grandes bienes para este país y particularmente si se establece en Gijón, porque prescindiendo de toda preocupación yo no creo combinables el espíritu geométrico y el escolástico, y en este sentido creo que la Escuela estará mejor en Los Tazones que en Oviedo. Aquellas gentes siguen sus recursos mientras yo callo y tomo por todas partes luces y noticias para perfeccionar el plan del Establecimiento y hacer una cosa de provecho con muchas esperanzas de que todos sus clamores no sean capaces de oprimir la razón.»

Esta guerrilla de intereses y afecciones locales de todos los tiempos y lugares, fué dirimida por una R. O. de 8 de mayo de 1793, en la que se contestaba a la Diputación, Ayuntamiento y Universidad literaria de Oviedo (que en conjunto habían solicitado, en 24 de diciembre de 1792 y 18 y 20 de febrero de 1793, se estableciera en dicha ciudad la enseñanza de ciencias exactas y naturales con objeto a perfeccionar en el Principado el arte de cultivar las minas de carbón de piedra), resolviendo que se cumpliera lo mandado y que tanto la Diputación, el Ayuntamiento, como la Universidad, trataran sólo de contribuir con sus auxilios a realizar las intenciones de S. M. dirigidas únicamente al bien general del Principado sin mover disputas que retardasen la plantificación de la Escuela en Gijón.

Al fin, después de once años de gestación laboriosa y tenaz, Jovellanos iba a ver realizado su mejor anhelo.

El sembrador, lleno de entusiasmo y de fe, se disponía a poner manos a la obra.

IDEAS PEDAGÓGICAS DE JOVELLANOS

El Instituto se inauguró solemnemente el 7 de enero de 1794. En la noche anterior lucieron iluminaciones los principales edificios y fuentes de la villa. La fachada principal del primer Instituto resplandecía, y en sus ochos ventanas se leía en bellos transparentes la siguiente inscripción: «Carlos IV. Protector de las ciencias—Padre y Delicia de sus pueblos—Funda en Asturias y establece en Gijón—Un Instituto de Naútica y Mineralogía Para enseñar las ciencias Exactas y Naturales—Para crear diestros Pilotos y hábiles Mineros—Para sacar del Seno de los Montes el Carbón Mineral—Para conducirle en nuestras Naves a todas las Naciones.»

Son muy instructivas y condensan perfectamente las ideas pedagógicas de Jovellanos, las que se contienen en su «Noticia del Real Instituto Asturiano, Oviedo 1795» y en su «Oración inaugural o exhortación al estudio de las ciencias útiles». En todas ellas campea su maravillosa intuición y un espíritu abierto al progreso de las artes utilitarias que ya alboreaba en el resto de Europa.

«¿Qué sería de una nación —exclama Jovellanos— que en vez de Geómetras, Astrónomos, Arquitectos y Mineralogistas, no tuviese sino Teólogos y Jurisconsultos?»

«Esta consideración basta para recomendar a los ojos del público el nuevo Instituto asturiano que la piedad del Rey acaba de fundar en esta villa de Gijón. Su enseñanza, aunque principalmente encaminada a determinados fines, abrazará todas las ciencias exactas y naturales: y mientras dé al Estado diestros Pilotos y hábiles Mineros, mejorará en general la educación pública instruyendo la juventud de todas las clases en los elementos de todas las ciencias útiles.»

Y en su magnífica «Oración inaugural», modelo de bien decir, profundidad de pensamiento y claridad didáctica, exhorta a sus paisanos a que aprendan a cultivar sus riquezas naturales y se abstengan de ir a buscarlas al otro lado de los mares. Incítales reiteradamente al estudio de la naturaleza con una fe, con una persuación, con un criterio tan siglo XX, que asombra y resulta inexplicable este lenguaje en un escritor y mucho más en un magistrado, en un jurisconsulto del siglo XVIII.

«Asturianos —dice Jovellanos—: ved aquí el grande objeto de los nuevos estudios a que hoy os llama nuestro buen Rey; promover los conocimientos útiles para perfeccionar las artes lucrativas, para presentar nuevos objetos al honesto trabajo, para dar materia al comercio y a la navegación, para aumentar la población y la abundancia y para fundar sobre una misma base la seguridad del Estado y la dicha de sus miembros. Tal es el término de su beneficencia y tal debe ser el de vuestras vigilias.

»Para conseguir tan grandes fines os llama vuestro Rey al estudio de la naturaleza y os convida a que busquéis en ellas aquellas útiles verdades sobre que están librados. He aquí la divisa de este nuevo Instituto. No se tratará en él de ofuscar vuestro espíritu con vanas opiniones ni de cebarle con verdades estériles. No se tratará de empeñarle en indagaciones Metafísicas ni de hacerle vagar por aquellas regiones incógnitas donde anduvo perdido tan largo tiempo. ¿Qué es lo que puede encontrar en ellas, la temeraria presunción del hombre? Desde Zenón a Espinosa, y desde Thales a Malebranche. ¿Qué pudo descubrir la Ontología (1) sino monstruos, o quimeras, o dudas o ilusiones? ¡Ah! Sin la revelación, sin esa luz divina que descendió del cielo para alumbrar y fortalecer nuestra obscura, nuestra flaca razón. ¿Qué hubiera alcanzado el hombre de lo que existe fuera de la naturaleza? ¿Qué hubiera alcanzado aún de aquellas santas verdades que tanto ennoblecen su ser y hacen su más dulce consolación?

»Si algún estudio nos puede levantar a estas verdades es el estudio de la naturaleza, es el estudio de este orden admirable que reina en ella, que descubre por todas partes la sabia y om-

(1) La parte de la Metafísica que trata del ente en general.

nipotente mano que le dispuso, y que llamándonos al conocimiento de las criaturas nos indica los grandes fines para que fuimos colocados en medio de ellas. Corred, pues, amados compatriotas, a cultivar este inocente y provechoso estudio. Corred: y mientras una parte de nuestra juventud ansiosa de exercer los ministerios de la Religión y la Justicia recibe en las escuelas generales los principios del Dogma y la Moral pública y privada, venid vosotros a estudiar la naturaleza; poned los ojos en este gran libro que la Providencia abrió ante todos los hombres, para que continuamente la leyesen; buscad en su inmenso volumen aquellas páginas que el dedo de la verdad ha señalado; aumentad ese patrimonio todavía pequeño pero muy precioso, y éste sea el fin de vuestras tareas, éste el de vuestra ambición y vuestra gloria... «La verdad y la utilidad que son objeto de este Instituto, lo serán hoy de mis exhortaciones».

»Sin duda que el hombre nació para estudiar la naturaleza. A él sólo fué dado un espíritu capaz de comprender su inmensidad y penetrar sus leyes, y él sólo puede reconocer su orden y sentir su belleza: él sólo entre todas las criaturas.»

Para saber analizar y ordenar nuestros pensamientos, aconseja Jovellanos cultivar primeramente el don de la palabra y después, para seguir el curso del progreso extraño, dice: «Estudiemos las lenguas de las naciones cultas, estudiemos por lo menos aquéllas que atesoran las riquezas de la antigua y moderna sabiduría.»

«Preparados así —añade más adelante el sabio promotor del Instituto— entrad en buena hora a los nuevos estudios a que os llama la Patria. Entrad a buscar la sabiduría en este nuevo templo, cualquiera que sea vuestra profesión, vuestros designios. ¿Queréis entregaros al terrible océano que brama a vuestra vista? La sabiduría levantará sobre sus abismos una morada firme y segura y os enseñará a conducirla a los extremos de la tierra. Ella pondrá en vuestra mano la llave de los vientos, y haciéndoos leer en el cielo los rumbos que debéis seguir sobre las ondas, os enseñará a triunfar de peligros y tempestades. Mientras el Astro del día alumbrare los climas que están bajo vuestros pies, os mostrará la Estrella de los navegantes velando sobre vuestras cabezas, y si las tinieblas la robaren a vuestros ojos, pondrá en vuestra mano un instrumento débil pero maravilloso, que os señalará continuamente los polos sobre que gira el mundo. Así surcaréis seguros los anchos mares y así conduciréis a las regiones más remotas el pacífico negociante que buscare en ellas la recompensa de vuestro sudor. Y si tal vez el deseo de fama y nombradía hinchare vuestros corazones, así también subiréis a la gloria inmortal que hoy ilustra los nombres célebres de Colón y Magallanes, de Cook y Malespina.

»Pero si más tímidos o menos ambiciosos prefiriéreis una facilidad más cercana y segura, estudiad la naturaleza y ella os franqueará sus tesoros. Estudiad esas numerosas repúblicas de entes que vagan sobre vuestras cabezas y que yacen bajo vuestros pies y que están o se mueven en derredor de vosotros. Investigad su esencia y propiedades y lo que es aún más digno de vuestra aplicación: investigad los usos a que los destinó la benéfica mano del Creador. La naturaleza complacida de ser el único objeto de vuestro estudio y contemplación, os abrirá su fecundo seno, derramará ante vosotros su rica cornucopia y ninguno la solicitará que no vuelva de su presencia enriquecido y mejorado.

»¡Oh, amados compatriotas! ¡Cuánto se complace mi alma al contemplaros dedicados a tan inocente, tan agradable, tan provechoso estudio, a un estudio tan propio para mejorar y engrandecer vuestro espíritu!»

En medio de esta elocuente exaltación hacia el estudio de la naturaleza, Jovellanos hace un alto, como respondiendo a un íntimo presentimiento, vacila, expone sus temores: «¿Quién vendrá a recoger estas preciosas doctrinas? Los hombres están clasificados en toda sociedad: cada profesión, cada estado tiene su destino y sus funciones: cada uno tiene sus ocupaciones y sus placeres: todos tienes distribuídos los momentos de su fatiga y su descanso: ¿Quién será el que lo sacrifique a la aplicación y el estudio? Las verdades científicas sólo se pueden alcanzar a costa de largo tiempo y largas vigilias, y el pobre sólo trata de subsistir, como el rico de gozar. ¿Quién, pues, se encargará aquí de buscarlas, de ponerlas a logro y de difundirlas entre sus hermanos?»

Después, para asegurar la permanencia y continuidad de su obra, se dirige a los próceres, a los hidalgos, a los bien acomodados e instruídos y les dice: «Si su desamparo (el del Instituto) no os moviese a socorrerle, muévaos, a lo menos, vuestro interés y el decoro y vuestra clase. Ya no sois como en otro tiempo los únicos apoyos de la seguridad nacional, ni los defensores de sus derechos, ni los intérpretes de su voluntad. Vuestros blasones, vuestros privilegios ya no se libran sobre tan firmes títulos. Sólo el verdadero patriotismo, sólo la virtud ilustrada y benéfica puede justificarlos y conservarlos. Venid, instruid al pueblo, socorredle y recompensad con vuestras luces y consejos el continuo sudor que derrama sobre vuestras tierras: este sudor inocente y precioso, a quien debéis vuestro esplendor y vuestra misma existencia» (1).

En este párrafo, admirable de un noble dieciochesco, Jovellanos invita a sus hermanos en linaje a colaborar seriamente en su obra, con lo que recompensarán, pagarán, a los humildes su rudo trabajo sobre el terruño, trabajo con el que se amasa su riqueza y sus privilegios..., instruyéndolos, iluminando su espíritu en tinieblas, con las benditas luces del saber. No tenéis derecho, les viene a decir, a pregonar vuestra nobleza, vuestra prosapia, si no os hacéis dignos de ella por vuestra virtud: una virtud ilustrada y benéfica. No hay, en efecto, obra más grata a los ojos de Dios, que esta obra de misericordia: «Enseñar al que no sabe»; si ella se practicara con la necesaria frecuencia en el mundo, el pueblo infeliz se vería bien pronto redimido de su miseria.

Llama también Jovellanos en su auxilio a los sacerdotes, incitándoles a estudiar la naturaleza. «Venid, estudiad en ella —les dice— esta varia y magnífica colección de seres, este orden constante, estas inefables armonías que los enlazan, esta prodigiosa

(1) A este gallardo requerimiento que Jovellanos hizo a la nobleza asturiana hace cerca de siglo y medio, ha respondido cumplidamente la familia de los Revillagigedo, costeando de su peculio particular una magnífica institución docente para la instrucción de los obreros en los ramos de la Electricidad y la Mecánica. Se trata de un edificio sito en el Natahoyo, de Gijón, construído exprofeso y dotado de un material de enseñanza excelente y muy moderno. Las matrículas son gratuitas y los alumnos acuden en gran número diariamente a sus clases nocturnas. Muchos son obreros de fábrica y otros labradores de las aldeas inmediatas a Gijón.

abundancia de bienes y placeres derramados en derredor de nosotros, y ved cómo predican, cómo demuestran al hombre la Omnipotencia, la Sabiduría y la Bondad de su Hacedor. Venid, estudiadlos y combatid con sus mismas armas a la ingrata incredulidad, confundidla, aterradla, conservad al pueblo que os honra y alimenta el mayor de todos los consuelos: y mientras le doctrináis en las verdades eternas, ayudadle también a conocer y aumentar aquella escasa porción de felicidad que le está concedida en la tierra.»

Por fin se dirige al pueblo laborioso, primer objeto de sus desvelos y a los españoles todos, invitándoles al estudio de la naturaleza. «Sobre todo, hijos míos —dice—, sobre todo, consagrad vuestro estudio a aquella arte que es más amiga y allegada a la sabiduría y que más ennoblece y perfecciona la naturaleza. Consagradle a la primera, a la más necesaria, a la más provechosa, a la inocente Agricultura. Observando la inmensa mole de materia ruda e inorgánica que parece destinada al socorro de nuestras miserias, fijad vuestra atención en la tierra: en esta madre universal, cuya juventud se renueva con la anual revolución de los Cielos, y estudiad a todas horas aquella virtud maravillosa de fomentar las semillas que se confían a su seno, y de asegurar en su reproducción la multiplicación y el consuelo del género humano y cuando tan útiles y preciosos dones como presenta a vuestra vista no saciasen vuestros deseos, abrid, por fin, sus entrañas y descubriréis nuevas fuentes de riqueza y prosperidad. ¡Qué bienes no os guarda en sus tenebrosos abismos! Piedras, sales, betunes, metales... ¡Ah! No os deslumbréis con la codicia de tantos tesoros. Elegid los que son más útiles e inocentes, y deteneos sobre todo en este admirable y abundantísimo fósil, que la Providencia descubrió en vuestros días para colmar vuestra felicidad.

»Ved aquí un objeto digno de vuestra particular aplicación. La Patria os llama a estudiarle y conocerle. No os desdeñéis de volver hacia él los ojos, por más que os parezca humilde y grosero. Dentro de poco él sólo servirá de recurso al abrigo, de auxilio a la industria y de materia al comercio y a la navegación de los españoles.»

Jovellanos termina su insuperable discurso profetizando los días venturosos, de prosperidad y bienestar que la explotación del carbón proporcionará a los asturianos, y pide un recuerdo para el buen Rey Carlos IV, que ha patrocinado estos estudios, para el ministro patriota, Valdés, que facilitó su implantación y para él... el Promotor, el padre celoso y amante del Instituto, exclama con acento arrebatado y enardecido: «Y si en el entusiasmo del reconocimiento algún tierno recuerdo despertare la memoria de los débiles esfuerzos de mi zelo, de este zelo de vuestro bien que ahora me consume, entonces, mis yertas cenizas que no reposarán lejos de vosotros, recibiendo el único premio que pudo anhelar mi corazón, os predicarán todavía desde su sepulcro que estudiéis continuamente la naturaleza, que sólo busquéis en ella las verdades útiles y que consagréis toda vuestra aplicación, toda vuestra sabiduría, todo vuestro zelo al bien de la Patria y al consuelo del género humano.»

Así pensaba y de este modo se expresaba un Jurisconsulto, un Magistrado español del siglo XVIII. Pero el eco de tan elocuentes palabras, la armoniosa vibración de tan firme y equilibrado pensamiento, bien pronto fueron apagados por los gritos de angustia y de coraje que dieron los pueblos al sentirse invadidos por gentes extrañas y más tarde por el vocerío ensordecedor y los estallidos de la metralla de los motines populares, de los pronunciamientos, de las sangrientas guerras civiles que acabaron por agotar las energías físicas y morales de los españoles.

PLAN DE ESTUDIOS

Pocos días antes de la apertura del «Real Instituto Asturiano» se expuso al público un aviso, en el que don Gaspar Melchor de Jovellanos, Caballero de la Orden de Alcántara del Consejo de S. M. en el Real de las Ordenes, Ministro de la Suprema Junta de Comercio y Moneda, nombrado por el Rey para promover el cultivo y comercio del carbón de piedra en este Principado, y especialmente encargado de poner en execución la enseñanza de Náutica y Mineralogía, hizo conocer el plan de estudios que se pondría en vigor desde la apertura del Instituto y en sucesivos años.

Estos estudios se dividían en principales y auxiliares. Los primeros estarían a cargo de tres profesores y comprendían tres grupos de enseñanzas: 1.º *Matemáticas*; 2.º *Náutica*; 3.º *Mineralogía.*

En las Matemáticas entraban las asignaturas de Elementos de Aritmética, Geometría, Trigonometría, Álgebra, Mecánica e Hidrodinámica: esta enseñanza duraría dos años y era común y fundamental para los dos grupos siguientes:

En el segundo grupo, o sea, el de Náutica, entraban los elementos de Cosmografía, Astronomía, Navegación y Maniobra, y duraría un año.

En el tercero, de Mineralogía, entraban los elementos de Física, Química y Mineralogía teórica y práctica, y duraría tres años.

Las clases eran diarias, diurnas, y se darían en el espacio de tres horas.

Los estudios auxiliares constituían el dibujo y los idiomas.

El profesor de matemáticas daría, además, a los alumnos del primer año de este grupo, Diseño natural, y a los del segundo, Elementos de Dibujo científico.

El profesor de lenguas (que haría también de bibliotecario), daría a los alumnos del primer año Rudimentos de Francés e Inglés, y a los del segundo, buena versión de estas lenguas.

Los alumnos de Náutica cursarían en el tercer año, Arte de levantar y dibujar cartas y planos, con el profesor de este año.

Estas enseñanzas auxiliares se darían por las tardes y durarían una hora en cada asignatura.

Para el ingreso se exigía saber leer y escribir bien y tener trece años cumplidos.

El primer director del Instituto lo fué el Capitán de Navío de la Real Armada, don Francisco de Paula de Jovellanos, hermano del Promotor, y los primeros profesores, de Matemáticas, don Diego Cayón, segundo piloto de la Real Armada y comisionado, a las órdenes del ingeniero y Capitán de Navío de la Real Armada don Fernando Casado de Torres, para los estudios de levantar los planos del Río Nalón desde Laviana a San Esteban de Pravia para el proyecto de su canalización. De Náutica, el Alférez de Fragata don José Hermida, y de idiomas, don Juan Lesparda; Racionario o secretario, don Ramón González Villarmil de la Rúa, y auxiliares de Matemáticas, don José Alvargonzález Zarracina, y de Di-

bujo, don Angel Pérez. Entre los primeros alumnos matriculados, y que recibió allí su primera instrucción científica, figuró el gijonés don Timoteo Alvarez Veriña y Cadrecha, más tarde Inspector y director General de Minas, y a quien se debe la organización del Cuerpo de Ingenieros de Minas, llevada a cabo en 1833.

El primer año se matricularon 60 alumnos. Llegaron de Madrid dos excelentes retratos, uno del Rey Carlos IV, y otro del Ministro Valdés, copiados de los originales del pintor de Cámara don Francisco Goya y Lucientes: se adquirieron por donación y compra muchas obras clásicas para uso del Instituto, y se encargaron otras de Náutica a Londres. Se compraron un buen teodolito y un microscopio, y se hizo una relación para adquirir una colección de los mejores instrumentos náuticos. Se formaron también catálogos de las obras más notables de ciencia útiles, de instrumentos y máquinas para Física y de los utensilios necesarios para montar un laboratorio químico y un gabinete mineralógico, a fin de completar la dotación del Instituto en años sucesivos. Jovellanos planeó también la creación de un fondo de pensiones para enviar al extranjero a los alumnos sobresalientes a fin de perfeccionar su instrucción y «trajeran al país los nuevos descubrimientos que hubieran hecho los extraños».

Esperaba también el Promotor del Instituto que a medida que fueran siendo conocidos los buenos servicios que iban a proporcionar las nuevas enseñanzas, aumentarían las donaciones de libros y máquinas, fósiles y minerales, ya que estos últimos «estando escondidos en las entrañas de la tierra apenas costaría más que la diligencia de buscarlos».

A la enseñanza de las matemáticas puras, cosmografía y navegación, lenguas y dibujos natural y científico, agregó Jovellanos, en 1796, la de Humanidades Castellanas, en un plan que abarcaba no sólo principios de gramática general, propiedad de la lengua, poética y retórica castellana, sino también los de dialéctica y parte de lógica que pertenece a ella. «¿No es un dolor —escribía Jovellanos a su amigo el canónigo Posada (7 de mayo de 1800) ver hombres de gran mérito científico que apenas saben hablar su lengua, ni escribir con orden y método desde el punto que se les saca de sus áridas fórmulas? Pues yo deseo que mis matemáticos contraigan los principios y el uso de un buen estilo didáctico para que consultando, informando, proponiendo, escribiendo, puedan dar orden y claridad a sus ideas. Y de esto tomarán aquí la instrucción necesaria, una instrucción elemental, la única que es dable en los primeros estudios y de la cual aprovechará cada uno según su aplicación y su ingenio: y de seguro el que tenga uno y otro escribirá con el tiempo con pureza y precisión, sabrá lo que para esto es necesario: y dando a ejercitar lo que sabe, ¿por qué no esperaremos esto de él? No es fácil dar a usted una razón de lo que es nuestro curso y menos de lo que será, porque tratamos de irle perfeccionando con la experiencia. Por ahora se reduce: primero, a unas lecciones preliminares sobre la formación de las ideas; segundo, a unos elementos de gramática racional o general en que se descubra la lógica del lenguaje en dos partes: (*a*) primera, por los oficios de las palabras en él; (*b*) segunda, por el enlace de las mismas palabras, habido respecto en aquélla, a la simple enunciación de cada idea y en ésta, al enlace de ellas, para formar juicios y encadenarlos. Esta última parte se irá ampliando más y más hasta embeber en ella cuanto es esencial al conocimiento de la Retórica y de la Lógica. Y como esta última anda envuelta en la Metafísica, se prepara a los jóvenes para tomar conocimiento de ésta, pasar a la Teología natural, que rigurosamente es una parte suya y acabar con la Ética, que toda se apoya y deriva del conocimiento del Sumo Bien, contenido en su antecedente. A esto debe suceder la Historia de la Religión, para perfeccionar el conocimiento del Dogma que desde la Escuela habrán estudiado en el Catecismo. En suma, un método sencillo acomodado al objeto, *pocos preceptos, ejemplos muchos, poco fiado a la memoria, mucho a la explicación paciente y constante hasta que se sepa haberse entendido cuanto se propone.*»

Y para hacer comprender a los alumnos la importancia y oportunidad de la nueva asignatura, pronunció Jovellanos en el Instituto, durante el curso de 1797, su notabilísima Oración sobre la «Necesidad de unir el estudio de la literatura al de las ciencias». A ella pertenecen los dos párrafos siguientes, modelos insuperables de claridad didáctica y bien decir:

«No temáis, hijos míos, que para inclinaros al estudio de las buenas letras trate yo de menguar ni entibiar vuestro amor a las ciencias. No por cierto: las ciencias serán siempre a mis ojos el primero, el más digno objeto de vuestra educación: ellas solas pueden ilustrar vuestro espíritu: ellas solas enriquecerle: ellas solas comunicaros el precioso tesoro de verdades que nos ha transmitido la antigüedad y disponer vuestros ánimos a adquirir otras nuevas y aumentar más y más este rico depósito: ellas solas pueden poner término a tantas inútiles disputas y a tantas absurdas opiniones: y ellas, en fin, disipando la tenebrosa atmósfera de errores que gira sobre la tierra, pueden difundir algún día aquella plenitud de luces y conocimientos que realza la nobleza de la humana especie.

»Mas no porque las ciencias sean el primero, deben ser el único objeto de vuestro estudio. El de las buenas letras será para vosotros no menos útil y aún me atrevo a decir, no menos necesario. Porque, ¿qué son las ciencias sin su auxilio? Si las ciencias esclarecen el espíritu, la literatura le adorna: si aquéllas le enriquecen, ésta pule y avalora sus tesoros. Las ciencias rectifican el juicio y le dan exactitud y firmeza: la literatura le da discernimiento y gusto y le hermosea y perfecciona.»

En el año 1799 se agregó a la enseñanza del Real Instituto una cátedra de Geografía Histórica, y en los dos años siguientes, o sea, en 1800 y 1801, se inauguraron la de Física Experimental y la de Elementos de Química, respectivamente. En cuanto a la cátedra de Mineralogía teórica y práctica, Jovellanos luchó con la dificultad de encontrar un buen profesor para esta asignatura, pues en España sólo existían entonces las cátedras de Física y Química establecidas en la corte y desempeñadas por los profesores franceses Chabaneau y Proust, procedentes del Seminario de Vergara, y la de Mineralogía, a cargo de don Cristino Herrgen, geólogo y mineralogista eminente, discípulo de Werner.

No obstante, debieron haberse emprendido también estos estudios, tal vez por el mismo profesor de Física y Química, pues Jovellanos, en carta que dirige al canónigo Posada, en 1799, le dice que «el curso de Ciencias Naturales está corriente y acabará en 1801». Y en una Exposición hecha por don Gaspar en 1807 para la restauración de los estudios en el Instituto, afirma su Promotor que se enseñaron en aquel Centro Matemáticas puras por

la obra de García, «*Cosmografía, Navegación, Maniobra* y *Artillería de mar*», por las obras adoptadas para la Academia de El Ferrol; la «*Física experimental*», por Brisson; la «*Química*», por Lavoisier, y la «*Mineralogía teórica* y *práctica*», estas tres asignaturas explicadas por un sólo maestro y por las obras de los autores que estudiaban en las cátedras de Madrid (1).

Además, las asignaturas auxiliares ya mencionadas: los dibujos, las lenguas francesa e inglesa y la Geografía. Estos dos últimos estudios eran voluntarios y tanto ellos como los obligatorios se daban por las tardes, de dos a cuatro o de tres a cinco, según las estaciones.

Asombra y suspende el ánimo del contenido doctrinal de este plan de estudios de fines del siglo XVIII, del Real Instituto Asturiano.

Los dos años de preparación matemática, mecánica e hidrodinámica (hoy sería mecánica y termodinámica), los dibujos y la traducción de los idiomas francés e inglés comunes a las dos carreras constituían una base sólida y necesaria, tanto para esclarecer el juicio de los jóvenes, y darles exactitud y firmeza cuanto para proporcionarles las luces necesarias para comprender los conceptos de las asignaturas de cada especialidad y poder hacer estos estudios, cuando fuera preciso, en obras escritas en aquellos idiomas, y más tarde, si fueran pensionados para ellos, recorrer los países extranjeros para conocer sus adelantos.

El conocimiento de la Geografía les era indispensable tanto a unos alumnos como a otros, y aunque esta asignatura no era obligatoria, sin duda para no recargar más los cursos, es seguro que los alumnos más aplicados la estudiarían todos.

En cuanto a las asignaturas de aplicación, no faltaban ninguna de las necesarias y dispuestas con la mejor ordenación pedagógica. El estudio del relieve del esferoide terrestre, las nociones de Astronomía imprescindibles para el manejo del sextante y otros instrumentos orientadores de los navegantes, las artes y reglas de la navegación, maniobras, etc., la Topografía, para saber levantar y leer las cartas y planos principales de las costas, constituían los conocimientos de la carrera del piloto, que podían adquirirse en tres años. ¿Qué más puede exigirse hoy, fundamentalmente, a un marino?

En el grupo de la Mineralogía entraban la Física y la Química, estudiados por las obras de los mejores autores de la época y con la extensión necesaria para poder seguir al final, el curso de verdadera aplicación de la carrera, o sea, el de *Mineralogía teórica* y *práctica*; es decir, conocimiento de las substancias útiles (Mineralogía descriptiva): manera de presentarse estas substancias en la naturaleza (Geología y criaderos minerales), y, por último, la Mineralogía práctica, o sea, el arte del laboreo o beneficio de stos minerales, y especialmente del carbón de piedra (1). En total, la carrera de la especialidad minera podía hacerse en cinco años.

La armonía, orden y visión de conjunto que resaltan en este plan, son verdaderamente admirables y ninguno se ha hecho posteriormente que le supere.

He aquí, pues, perfectamente planeada y organizada por Jovellanos la primera escuela de minas de España, propiamente dicha. Ninguna clase de enseñanza le faltaba. Matemáticas, Ciencias físico-químicas y naturales, Topografía, Laboreo de Minas, Idiomas, Dibujos, Gramática y Lógica; prácticas de todas las asignaturas de aplicación en el laboratorio de Química, en el Museo de Mineralogía, en el campo, con el teodolito y la brújula, excursiones por las minas, viajes al extranjero... y presidiendo toda esta enseñanza el lema pedagógico hoy imperante en todo el orbe civilizado: «POCOS PRECEPTOS, EJEMPLOS MUCHOS, POCO FIADO A LA MEMORIA, MUCHO A LA EXPLICACIÓN, PACIENTE Y CONSTANTE.

Pues bien, esta obra tan bien orientada y planeada que tan excelentes frutos pudo haber dado al país, fué objeto de injustos recelos y sañuda persecución, lo que produjo a Jovellanos grandísimo desencanto y disgusto. La delación anónima, la conducta arbitraria y malintencionada del Ministro Caballero, la información insidiosa y llena de vaguedades del regente de Oviedo, Lasauca; la envidia de sus mismos coterráneos y la indiferencia de los más, minaron mortalmente estas enseñanzas, apenas nacidas. Se las acusó de impías, porque en ellas no se daba la enseñanza de la Religión, y a su autor de poco piadoso, casi un hereje. Y respecto a la finalidad de tales estudios, véase cómo la entendía el regente Lasauca (2), y con él otros muchos de sus contemporáneos: «Trata poco con las gentes del pueblo y en las conversaciones familiares con las que diariamente concurren a su casa, no sé que se mezcle al descubierto en los asuntos del público, aunque se cree, con un poco fundamento, que secretamente se le consultan los más y que se manejan con su dirección, pues no puede disimular la extremada pasión a su patria y el ansia desmedida de engrandecerla por cuantos caminos le sea posible, sin reconocer que la esterilidad de su suelo, que sólo admite embarcaciones menores, con una entrada harto peligrosa y todas las demás circunstancias que la acompañan, la hacen incapaz de grandes incrementos: debilidad común a casi todos los naturales de aquella villa y por la que el señor Jovellanos se ha acarreado la emulación no sólo de los forasteros, sino tam-

(1) En el Archivo-Biblioteca de Fuertes Acevedo existía un curioso manuscrito fechado en París a 25 de octubre de 1800, titulado: «Exposición de Timoteo Alvarez Veriña (alumno del Instituto de quien se ha hecho ya mención anteriormente), comisionado en el extranjero para estudiar la *Mineralogía teórica y práctica* con aplicación al ramo de carbón de piedra, pidiendo le permitan prolongar su estancia para perfeccionarse en aquellos estudios. Acompaña un modelo de Exposición al ministro suplicando la prórroga».

El señor Alvarez Veriña, alumno distinguido y predilecto de Jovellanos, fué enviado por deseo e influencia de éste a estudiar prácticamente la explotación de las minas de carbón a Francia y Bélgica, pues proyectaba Jovellanos que aquél fuera a su regreso el profesor de la asignatura de «Mineralogía teórica y práctica» en el Real Instituto Asturiano. Más tarde, en 1808, continuó sus estudios, también pensionado, en la Escuela de Minas de Freiberg (Alemania) y a su regreso a España, en 1813, se le nombró director de las fábricas y minas de plomo de Almería, y en 1824 pasó a Linares. En 1828 fué nombrado inspector general de Minas, y en 1833, ascendió a director general por fallecimiento de Elhuyar. Fué también director de las minas de Almadén.

(1) Nótese con cuánta claridad separa Jovellanos el estudio de la Mineralogía de los de la Física y Química que deben precederle, y, no obstante, en aquella época imperaba el estudio de la Mineralogía según las doctrinas de Werner, que la dividía en Orictognosia (subdividida, a su vez, en Orictometría y Física de los Minerales), Química Mineral, Geografía Mineral y Mineralogía económica. En este estudio se mezclaban arbitrariamente la Mineralogía propiamente dicha, la Física y la Química.

(2) De un escrito confidencial.

bién de algunos de sus mismos paisanos, o porque juzgan de su patria con menos preocupación o porque han experimentado los perjuicios que ha producido en algunas ocasiones el figurarla más opulenta o el quererla engrandecer más de lo que permite su constitución». (De una carta de Lasauca al Ministro Caballero, de 6 de diciembre de 1800.)

No se creía en estos estudios porque se negaba la supuesta riqueza de las minas y la importancia de los puertos. Jovellanos era un iluso, un visionario, un patriota exagerado para muchos de sus contemporáneos.

Ya en septiembre del 95, al cumplirse el año de la inauguración del Instituto, escribía Jovellanos en sus Diarios: «¿Qué será ésto? ¿Por ventura empieza alguna sorda persecución contra el Instituto? ¿De este nuevo Instituto consagrado a la ilustración y al bien público? ¿Y seremos tan desgraciados que nadie pueda asegurar semejantes instituciones contra semejantes ataques? ¡Y qué ataques! Dirigidos por la perfidia, dados en las tinieblas sostenidos por la hipocresía y por la infidelidad a todos los sentimientos de la virtud y la humanidad... Pero ¡guárdense...! Yo sostendré mi causa... Ella es santa. Nada hay en mi institución, ni en la biblioteca, ni en mis consejos, ni en mis designios que no sea dirigido al único objeto de descubrir las verdades útiles. Yo rechazaré los ataques sean los que fueren, y si es preciso, moriré en la brecha».

Y en diciembre de 1796: «Favor, influjo, amistad, opinión, si algo tuviere, quiero consagrarlo todo al bien de este nuevo establecimiento que está a mi cargo a la mejora de esta provincia en que nací, y cuento morir, y al consuelo de los infelices y de los hombres de bien».

En julio del 99 escribía a su amigo Posada: «Por ventura lo que es hoy, no lo será mañana el Instituto (Deus averuat) y en este suelo de ingratos acaso no merecerá el siglo que se nos viene encima lo que el que se nos va de entre las manos... El Decreto está comunicado a la Cámara, pero la envidia, los nuevos decretos, los nuevos enemigos... Con todo, en Gijón el cimiento de arena sostiene altos edificios, ¿por qué no alegres esperanzas? Sigue felizmente nuestra casa (1). Hay con qué adelantarla por algún tiempo; llegan a ocho mil duros las ofertas de América, que no sé si se realizarán: hay algunos otros recursos, ¡pero tan pocos que ayuden...!, ¡tantos que persigan...!»

En 1.º de enero de 1801 escribía en sus Diarios: «Abrimos el siglo XIX. ¿Con bueno o mal agüero? Pero al hombre le toca obrar bien y confiar en la providencia de su grande y piadoso Criador. La desgracia parece conjurada contra el Instituto, este precioso establecimiento, tan identificado ya con mi existencia como con el destino futuro de este país. Ayer se han mandado suspender los trabajos del nuevo edificio, o por mejor decir, se han reducido al mínimo, y aún así apenas se podrán sostener: se han negado los auxilios que pedí en octubre, a saber; la continuación de la pensión del Nalón y otra consignación sobre el fondo de Consulado igual a la que antes se hizo; se nos deben 40.000 reales de la pensión del año último, y con 5.000 duros embarcados en América y detenidos en La Habana, no podemos contar con un real efectivo; esperemos que el tiempo abra alguna nueva esperanza y entre tanto no cesemos de promover los estudios. ¡Ah! El celo se ha entibiado y la subordinación sufre. En medio de esto raya la esperanza de grandes progresos en el curso de Humanidades: Lespardat ha hecho en él grandes progresos y sus discípulos brillarán particularmente en el próximo certamen, que se abrirá en 1.º del mes entrante. Dicen que algunos malos paisanos de Madrid tratan de desacreditar el Instituto y que nueva y sorda persecución le amenaza: si la guerra fuese noble y abierta, no la temería: ¿qué digo? la provocaría abiertamente cierto del triunfo y ansioso de la nueva gloria que resultaría al establecimiento: ¿pero quién podrá parar los golpes que la calumnia y la envidia dan en la oscuridad? La Providencia, que vela siempre sobre los derechos de la justicia: si ella permite la ruina, veneremos sus altos juicios».

Estas líneas las escribía Jovellanos pocos meses antes de sufrir su prisión de siete años en la Cartuja de Mallorca y en el castillo de Bellver, en pago, sin duda, de este patriotismo exagerado, de esta exaltación continua por el engrandecimiento de su patria que padecía.

«En la madrugada del 13 de marzo de 1801 —nos cuenta sencillamente él mismo— fuí sorprendido en mi casa por el regente de la Audiencia de Asturias que, a consecuencia de Real Orden, ocupó todos mis papeles, sin otra excepción que los del archivo de mi familia. Fué sellada mi librería, cuyo escrutinio se hizo posteriormente por un oidor de la misma Audiencia; fuí separado de toda comunicación aún con mis criados y antes de amanecer el siguiente día fuí sacado de mi casa, y con la escolta de la tropa que la rodeaba, conducido a León.»

Jovellanos no pudo volver a su querido Gijón hasta agosto de 1811, o sea, tres meses antes de su muerte, y al llegar a su pueblo vió confirmada su profecía de que el Instituto estaba íntimamente ligado a su existencia, pues seguía su misma suerte. El edificio había sido convertido en cuartel durante la invasión francesa, sus profesores y alumnos dispersados, la Biblioteca expoliada y entregada al pillaje, sus máquinas, instrumentos útiles, robados o deteriorados, habiendo sufrido todas sus dependencias enormes deterioros. Pero Jovellanos, apenas repuesto del dolor que aquel espectáculo le produjo, «sin detenerse un momento —dice su biógrafo Cea Bermúdez— empieza a buscar recursos para su reparación y no se ocupa de otra cosa durante su corta mansión en aquella villa que en habilitarle de todo lo necesario para comenzar luego sus estudios».... y escribe su última «Exhortación al público para reparar los daños causados en el Real Instituto Asturiano»...

La magnífica concepción pedagógica de Jovellanos era muy superior al ambiente de la época en que fué implantada.

Asturias no ha comprendido nunca la grandeza y la trascendencia de las ideas de Jovellanos. E inerme, impasible, inconsciente de lo que con ello perdía, ha visto desmoronarse la admi-
superior al ambiente de la época en que fué implantada.

De esta obra sólo queda en pie el edificio, donde se dan actualmente las enseñanzas del Bachillerato. La valiosa colección de bocetos de pintores ilustres que había pertenecido a Jovellanos y que se conservaba allí, en unión de los restos de su Biblioteca,

(1) El nuevo edificio del Instituto, cuya primera piedra se había puesto en 1797. Su proyecto era de dos plantas, pero por falta de fondos se cubrió sólo el primer piso, trasladándose a él las enseñanzas en 1807, desde la primitiva casa de don Francisco de Paula, donde se daban desde su fundación en 1794. Esta primitiva casa del Instituto aún subsiste, en el núm. 2 de la Plazuela de los Jovellanos.

instalada en uno de sus recintos, fueron torpe y arbitrariamente trasladados, con los demás enseres del Instituto, al edificio que construyó para colegio la Compañía de Jesús, y allí perecieron, en agosto de 1936 devorados por las llamas, con los heroicos defensores del Simancas.

Jovellanos pasó por España como una sombra, atormentada por el dolor. Quiso engrandecer a su patria, hacerla rica y fuerte, y tanto los propios como los extraños destruyeron los cimientos de su obra más fundamental y más querida.

Traído y llevado en comisiones, que a veces eran destierro, zaherido, acorralado por la envidia y la calumnia, perseguido y aprisionado por la endiosada ineptitud, tuvo la inmensa desgracia de venir al mundo demasiado pronto y pertenecer a una sociedad atrasada, llena de prejuicios, incapaz de comprender todo el alcance de su visión y de su pensamiento.

No veían, ¡ciegos!, que sobre la esclarecida frente de aquel hombre la luz centelleante del nuevo siglo resplandecía.

II

CÓMO DEBIERA ORGANIZARSE LA ENSEÑANZA MINERA Y METALÚRGICA EN ESPAÑA

Es indudable que si la clarividente idea de Jovellanos de fundar en Gijón una Escuela profesional de minas se hubiera llevado íntegramente a la práctica, introduciendo en esta enseñanza las mejoras y modificaciones que el progreso técnico hubiera ido aconsejando, y habiéndola dotado de un cuadro de profesores inteligentes, experimentados y entusiastas, el desarrollo industrial-minero de Asturias, en particular, y de España en general, hubiera sido muy distinto, mucho más amplio y mejor orientado en sus métodos para el fomento de la riqueza pública.

Las Escuelas profesionales de minas deben ser instaladas en las zonas mineras, en pleno ambiente industrial y deben, naturalmente, nutrirse tanto en lo que respecta al profesorado como a los alumnos, de individuos familiarizados con este ambiente. Por no haberse seguido en España esta lógica y fecunda orientación en la organización de su enseñanza técnica, carecemos actualmente de una industria minera floreciente como correspondería al valor positivo del subsuelo nacional.

En Inglaterra existen numerosos centros de enseñanza minera distribuídos por todas las regiones industriales: Durham (Colegio Armstrong de Newcastle-on-tyne), Mánchester, Sheffield, Leeds, Birmingham, País de Gales (Colegio de Cardiff), Edimburgo, Glasgow, Wigan y Nottingham (estas dos últimas Escuelas son preparatorias para la enseñanza minera de la Universidad de Londres), la Escuela de Minas de Gales del Sur y Monmouth, etc.

En Alemania, solamente en la cuenca del Rhur, existen tres Escuelas: las de Bochum, Hamborn y Essen. La primera es la más importante, cuenta con unos 800 estudiantes y 32 profesores. Además existen las de Aachen, Moers, Tarnowitz, Waldenburgo, Eisleben, Clausthal, Freiberg, Siegen y Dillenberg, todas situadas en distritos mineros de carbón, lignito, metales y sales alcalinas.

En Francia, además de las Escuelas Superiores de Minas de París y de Saint-Etienne (la primera, muy próxima a la cuenca hullera del Norte, y la segunda, en el centro de la cuenca estefaniense del Mediodía), existen varias de maestros mineros (capataces) en los departamentos del Norte, y del Moselle, en Thiouville, Forbach y Mulhouse, y en la cuenca del Loire.

En Bélgica, cuya cuenca hullera es tan semejante en extensión y riqueza a la central de Asturias, además de la Escuela de Minas, más importante, que se halla en Lieja, corazón de la cuenca minera, existen otras tres en los centros hulleros y metalúrgicos de Marchienne-Docherie, Marihaye y Seraing. La Escuela Industrial de Charleroi posee también una sección minera e igualmente hay establecidas secciones de esta clase en Tamimes (provincia de Namur) y en el Instituto Industrial y Profesional de Montegnée, en la provincia de Lieja.

Los Estados Unidos de Norteamérica, Japón, Suecia, Holanda y otros países cuentan también con numerosas escuelas profesionales emplazadas en los distritos mineros más importantes.

El afán absorbente y centralizador de la política española instaló en Madrid la «Escuela de Ingenieros de Minas», creando además en algunas regiones mineras, como Asturias, Almadén, Huelva, Bilbao, etc., las «Escuelas de Capataces», cuyos planes de enseñanza, hechos generalmente *en serie* y sin verdaderas normas pedagógicas, han experimentado frecuentes variaciones muy alejadas de un criterio científico profesional. En una palabra, ha ocurrido con la enseñanza técnica minera lo mismo que con el resto de la enseñanza española, que como se sabe aún hoy es motivo de discusión apasionada.

Planes deficientemente meditados o traducidos de algún idioma extranjero, continuamente modificados con arreglo a criterios muchas veces contradictorios: exclusión casi absoluta de toda orientación práctica en la enseñanza eminentemente experimental de esta carrera, en minas, talleres y laboratorios; deficiente sistema de elección del profesorado: régimen interior de clases, durante muchos años, de férrea disciplina, rígido y mortificante en extremo: esfuerzo mental exagerado, hasta llegar al agotamiento, para un rendimiento ínfimo y defectuoso, con grave detrimento de la salud de los alumnos, en general, y su incapaciación, casi constante, para los grandes esfuerzos físicos y mentales que exije hoy el industrialismo. Ningún estímulo ni medios docentes encaminados a la investigación. Actualmente, por fortuna, esta enseñanza ha mejorado algo, pero durante mucho tiempo ha sido una verdadera desdicha.

Ninguna carrera de ingeniero exige tal suma de conocimientos variados y profundos como la del arte del laboreo de las minas y el beneficio de los metales. Cada una de las fases de estos estudios constituye por sí misma una verdadera especialidad. Primero, la investigación y reconocimiento de los criaderos minerales con sus complicados problemas de tectónica general y local; segundo, estudio, a veces bastante difícil, desde el punto de vista económico de los medios de transporte y soluciones más viables; tercero, laboreo de las minas, estudio de los métodos de explotación más convenientes a la naturaleza de los yacimientos: en sus planes entran en juego todos los progresos de la técnica, transportes por aire comprimido, electricidad, aceites y carburantes de todas clases, etc.,; los problemas de la ventilación, alumbrado, desagüe y extracción primeramente en la perforación de los pozos que pueden llegar hoy hasta los dos mil metros, después en la organización para conseguir el arranque más eco-

nómico y más seguro de la substancia mineral. En suma, en toda esta organización complejísima de una verdadera ciudad subterránea es preciso emplear a fondo todos los recursos de la técnica más depurada.

Cuarto, concentración y lavado de los minerales, destilación de los carbones, coquerías, etc., hasta la obtención de productos comerciales o de primeras materias para el sinnúmero de tratamientos fabriles en que hoy se emplea la industria transformadora.

Y quinto. Beneficio de los minerales en los hornos apropiados para la obtención de las diferentes clases de metales, desde los hierros y aceros especiales, obtenidos en los clásicos hornos altos o en los de revestimiento ácido o básico, en los convertidores y en los hornos eléctricos, hasta el beneficio de los metales raros y de las modernísimas aleaciones tenaces y ligeras tan preciosas para la construcción de automóviles, aviones, submarinos y de toda clase de máquinas de precisión.

La profesión minera es acaso la primera de las profesiones españolas que están necesitadas de una completa, perentoria e inteligente renovación. El arte de la extracción y beneficio de las substancias útiles es tan complejo y delicado, que necesita el concurso de muchas ciencias: de las matemáticas (sólido e insubstituíble cimiento de todas las demás), de las ciencias físicas, químicas y naturales, llevado su estudio hasta los límites de sus progresos, pues de todos ellos necesita para el desenvolvimiento de sus métodos de investigación y de laboreo y de sus procedimientos metalúrgicos.

Por eso, estos estudios deben hacerse preferentemente en los centros industriales, en las regiones mineras, a fin de que los alumnos estén en contacto permanente con la industria extractiva y metalúrgica y sus profesores puedan enseñar casi a diario a sus discípulos, sobre el terreno, los métodos explicados en las aulas, y puedan mostrarles, al día, todos los adelantos que las empresas vayan introduciendo en sus minas, fábricas o talleres. La mayor parte de las clases de esta carrera deben ser verdaderos laboratorios, con abundante material de trabajo: así deben estudiarse la Física, la Química, la Mineralogía, la Mecánica, la Electrotecnia, la Paleontología, la Geología, etc. Todas ellas estudiadas de este modo se hacen amenas y ganan insensiblemente el interés del alumno. Añádanse a esto las explicaciones de los profesores, claras, didácticas, sugerentes, amables, que los auxiliares acabarán de hacer llegar en detalle a los alumnos, trabajando con ellos en las aulas, laboratorios, minas y fábricas metalúrgicas, y los jóvenes estudiantes empezarán a sentir ese interés, esa curiosidad por aprender que han de ser los mejores acicates de su disciplina y de su progreso docente. Todo ello sin fatiga, sin llegar al agotamiento, como jugando...

De otra parte, el emplazamiento de estas enseñanzas, en pleno dominio industrial-minero, facilita el estudio a los humildes hijos del pueblo, a los jóvenes artesanos inteligentes que sientan verdadera vocación por esta carrera, por estarla practicando como simples mineros o metalúrgicos en las empresas del país; jóvenes acostumbrados desde muy tierna edad a sacrificios de todo género y para quienes las disciplinas escolares no representarían una nueva carga, sino más bien una promesa halagadora. De este modo podría llevarse a cabo la selección de las inteligencias que tanta falta está haciendo en nuestra nación.

En muy pocos años, un establecimiento de esta clase, montado al estilo de las modernas escuelas técnicas europeas y americanas, podría crear un magnífico plantel de jóvenes profesionales mineros y metalúrgicos con un bagaje científico y una acometividad técnico-industrial, capaces de efectuar una hondísima transformación en el país, incitando al capitalismo a fecundar con su oro las riquezas dormidas en el subsuelo de la patria.

Gijón es la población industrial del Norte de España que por su importancia presente y por la que ha de ir adquiriendo a medida que se vaya desarrollando la explotación de su riqueza hullera, recientemente descubierta, reúne las mejores condiciones para la creación de una Escuela de Minas como la que venimos propugnando. La cuenca hullera gijonesa reviste, a nuestro juicio, según los estudios que en ella venimos haciendo, desde hace varios años una importancia excepcional, sólo comparable a los yacimientos hulleros del litoral británico, tales como Escocia, Newcastle y Cardiff.

En la aguda y bien razonada contestación de Jovellanos al Ayuntamiento de Oviedo, cuando éste le pidió explicaciones por haber elegido a Gijón para implantar aquí los estudios de ciencias útiles hay dos respuestas que hoy se encuentran doblemente reforzadas: una, la de que el puerto de Gijón *era el mejor situado y dotado para difundir la enseñanza y favorecer la exportación de carbones*, ya que además encierra (cosa que ni siquiera podía sospechar Jovellanos) *una cuenca carbonífera de extraordinaria importancia*: y otra, que *es mejor dividir los centros de enseñanza que amontonarlos*, ya que el poder centralizador de la capital de España ha creado allí, en estos últimos años, una acumulación verdaderamente exagerada y contraproducente de centros de enseñanza, algunos de los cuales tendrían su emplazamiento más adecuado y eficiente en las provincias españolas.

La Escuela debiera funcionar bajo la salvaguardia y custodia de un Patronato, cuyos miembros, renovados cada cierto tiempo, debieran ser representantes genuinos del Estado, Provincia y Municipio, Ingeniero Jefe de Minas, Directores más destacados de las Empresas Mineras y Metalúrgicas y otras personas de notoria capacitación técnica. Este Patronato sería el encargado de velar continuamente por la organización y progreso de los planes de enseñanza, oyendo siempre al profesorado, designación del mismo, arbitrio de los recursos económicos necesarios para el sostenimiento de la Escuela, alta administración de los mismos, etc. Es indudable que el peso económico de esta clase de Escuelas no debe gravitar solamente sobre el Estado, sino que aquéllas deben buscar una parte de sus ingresos con sus propios medios (trabajos de laboratorio, ensayos de materiales, publicaciones, etc.), y otra, en las Empresas mineras y metalúrgicas de la región, a las que tanto debe interesar el contribuir al sostenimiento de un centro docente bien dotado del mejor material pedagógico, y con los recursos necesarios para los viajes de prácticas de los alumnos, gastos de los laboratorios, adquisición de libros, fósiles y minerales, etc.

Pero lo más importante, lo verdaderamente trascendental, es la elección del profesorado. De esta elección depende exclusivamente la verdadera eficacia de la Escuela. El Patronato debiera buscarlo escrupulosamente como una empresa industrial busca y elige sus técnicos, atendiendo a sus méritos, ya reconocidos. Si en España no fuera posible encontrar algún profesor especializado para

una cierta asignatura, debiera buscarse en el extranjero. Todo, menos nombrar profesores sin la preparación docente necesaria para esta función trascendente y de tanta responsabilidad. No deben ser tampoco estas Escuelas cotos cerrados para una clase determinada de profesionales. Lo que debe buscarse preferentemente, lo que importa para proveer las cátedras, es ciencia, experiencia y eficacia, hállense donde se hallen.

Asturias cuenta permanentemente con más de un centenar de Ingenieros de Minas, distribuídos en las diversas y numerosas actividades de la profesión, en minas y fábricas metalúrgicas, y entre éstos pudiera ser elegido parte del profesorado de la Escuela. Porque en muchos de ellos se reúnen las condiciones indispensables para el desarrollo de una buena labor docente: entusiasmo profesional, conocimiento práctico del arte del laboreo de minas, espíritu de sacrificio y de hermandad, pues no hay que olvidar que el buen pedagogo moderno debe sacrificarlo todo al bien de sus discípulos entregándose por entero a su formación espiritual y cultural, con el celo de un apóstol y la unción de un misionero.

Pero mucho me temo que hoy, como hace ciento treinta años, al pretender recoger y vivificar una idea tan práctica, tan lógica y de tanta trascendencia como la que tuvo Jovellanos a fines del siglo XVIII, surjan las mismas batallas enconadas, las mismas disputas que dieron al traste con la obra de Jovino, apenas se puso en marcha.

Los hombres cambiamos poco con el tiempo, y es muy probable que de esa terrible alianza que hacen siempre y en todas partes la ignorancia, la pereza y la envidia, vuelva a oírse, como en eco lejano, aquellas frases desalentadoras que laceraron el corazón del gran patricio: «¿Quién? (me parece que las oigo susurrar). ¿Quién vendrá a recoger estas preciosas doctrinas? Los hombres están clasificados en toda sociedad: cada profesión, cada estado tiene su destino y sus funciones; cada uno tiene sus ocupaciones y sus placeres; todos tienen distribuídos los momentos de su fatiga y su descanso. ¿Quién será el que los sacrifique a la aplicación y al estudio? Las verdades científicas sólo se pueden alcanzar a costa de largo tiempo y largas vigilias, y el pobre sólo trata de subsistir, como el rico de gozar. ¿Quién, pues, se encargará aquí de buscarlas, de ponerlas a logro y de difundirlas entre sus hermanos?»

Otra Escuela análoga, organizada y funcionando en la misma forma, debiera crearse en el Mediodía de España.

La población que reúne mejores condiciones para su emplazamiento es Sevilla, pues constituye, por su situación geográfica, el centro de los yacimientos cobrizos y piritíferos onubenses, de los plomíferos de Linares y La Carolina, de los de hierro y otros metales, algunos de ellos muy interesantes de la Sierra Mariánica y de la región Levantina y principalmente de los yacimientos carboníferos de Villanueva de las Minas, Bélmez y Puertollano. Aunque estas dos últimas cuencas, encajadas entre los estratos antiguos, encuéntranse, desgraciadamente, en franco período de agotamiento, debe tenerse en cuenta que tales yacimientos, al igual que los de Villanueva de las Minas y otros de menos importancia, depositados todos ellos en las escotaduras del macizo antiguo, no son sino manifestaciones evidentes de una gran formación carbonífera que debe encontrarse soterrada bajo las margas terciarias que forman el amplio valle Bético, o sea, Andalucía la Baja.

Algunos sondeos perforados por el Instituto Geológico y Minero no hace muchos años, y otros que se están efectuando actualmente por empresas particulares, demuestran que los yacimientos hulleros prosiguen por debajo de aquellas margas y no a grandes profundidades.

El criterio imperante entre los geólogos españoles y algunos extranjeros sobre la controvertida cuestión de la época geológica en que se hundió el valle bético dando origen a la llamada «falla del Guadalquivir», ha constituído una rémora constante para el estudio sistemático del subsuelo del hermoso valle andaluz.

La opinión generalmente admitida es la de que este hundimiento se efectuó al final de la época paleozoica o a principios de la era secundaria, y claro es que en ese caso los depósitos carboníferos que hubieran podido sedimentarse en toda esta región, durante la época hullera, se encontrarían soterrados a unas profundidades probablemente inasequibles a una explotación remuneradora.

Pero ya hace varios años, en 1927, si no recuerdo mal, expuse en una conferencia dada ante nuestra Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, un estudio general sobre la tectónica ibérica, fruto de muchos años de investigación sobre las cuencas hulleras españolas, en la cual creo haber demostrado plenamente que la época geológica que dejó bosquejada vigorosamente la estructura pétrea antigua de la Península Ibérica no ha sido precisamente la del final del Paleozoico o principios del Trías, como creía Mac-Pherson, el gran geólogo gaditano, sino al final del siluriano, o sea, en la época, mucho más atrasada, en la que se formaron las grandes cordilleras, los enormes pliegues caledónicos de la Tierra.

Este proceso tectónico aclara y explica la formación de todas nuestras cuencas hulleras, y muy especialmente la del valle bético, que lejos de encontrarse hundida hasta profundidades inaccesibles a la explotación, parece hallarse recubierta por mantos terciarios y acaso en algunos sitios también secundarios de no mucho espesor, según lo demuestran, como ya se ha dicho, los sondeos que se efectúan actualmente.

Con estas dos Escuelas de Ingenieros de Minas y Metalúrgicos, una en el Norte y otra en Sur, y algunas reformas bien estudiadas y llevadas a la práctica en las Escuelas de Capataces de Minas y Fábricas metalúrgicas diseminadas por nuestro territorio, que también necesitan de una revisión detenida en sus planes de enseñanza, quedarían bien servidas por ahora y durante algunos años las necesidades técnico-industriales de la minería y metalurgia nacionales.

En cuanto a la Escuela de Madrid, debiera ser transformada en Escuela Superior de Minas, a la cual pudieran acudir los ingenieros salidos de aquellas Escuelas que quisieran perfeccionarse en sus estudios y dedicarse a la investigación, adquiriendo los conocimientos superiores de la profesión minera y metalúrgica, para obtener el título máximo de *Doctor-Ingeniero.*

La mejor manera de honrar la gloriosa memoria de un patricio tan insigne como lo fué Jovellanos y de honrarnos a nosotros mismos, sería la de poner en acción el pensamiento eje de su vida ejemplar y fecunda, o sea, la creación de una Escuela de Minas en su villa natal, dotada de todos los adelantos moder-

nos, presidida por las normas que imperan actualmente en los países de técnica minera más avanzada.

Recojamos, pues, amorosamente, la idea central de Jovellanos, que por no estar preparado el terreno no pudo en su tiempo prosperar, y llevémosla a la práctica con un criterio de la hora y de las necesidades presentes. De no hacerlo nosotros, lo harán, seguramente, nuestros descendientes, pues las ideas fecundas y verdaderas llegan siempre, más tarde o más temprano, a prevalecer.

Algún tiempo después, y aprovechando la experiencia y resultados adquiridos con la implantación de esta Escuela, debiera fundarse la del Mediodía de España, en la que se formarán los futuros técnicos mineros y metalúrgicos, los intrépidos capitanes de industria capaces de crear en aquella bellísima y feraz región la industria del carbón y de los metales (hierro, cobre, plomo, mercurio, manganeso, etc.), que completará su riqueza y acreciera su bienestar, engrandeciendo, al propio tiempo, a España.

Así estas Escuelas constituirían el más indisoluble lazo de unión entre un pasado clarividente (la idea magnífica de Jovellanos) y un porvenir pujante y próspero de paz y de trabajo.

Como los estudios de la especialidad minera y metalúrgica son tan complejos y en España hacen falta muchos técnicos bien preparados para la creación de nuevas industrias extractivas y de beneficios metalúrgicos a fin de proveer a las necesidades más apremiantes de un vivir más cómodo y decoroso, no debe asustarnos el número de técnicos de esta clase que pudieran salir anualmente de esas Escuelas, pues ellos fecundarían con su labor inteligente y entusiasta, en muy pocos años, los campos, hoy casi yermos, de nuestras regiones mineras, descubriendo importantes yacimientos, creando nuevos campos de explotación y ensanchando y ampliando nuestras modestísimas factorías metalúrgicas.

No olvidemos que vivimos en plena era de la técnica, y que esta técnica camina con un movimiento uniformemente acelerado y un ímpetu arrollador.

¡¡Infelices los pueblos que se vayan quedando atrás!...

Abril 1950.

Al terminar la exposición de este trabajo el Sr. Patac, solicitó la palabra el Padre Mariño, quien, con la venia de la Presidencia, comentó dicho trabajo y subraya el interés del mismo y singularmente en la destacada importancia que concede a cuanto pueda hacerse para elevar al obrero a las profesiones técnicas cuando sus condiciones de inteligencia así lo permitan. Es partidario del mayor número de escuelas de Minas y hace minuciosa comparación entre el caso belga y el español en lo que respecta a la producción minera y al número de escuelas. Concluye manifestando su coincidencia con el Sr. Patac sobre la conveniencia de situar las escuelas en las proximidades de las zonas mineras más caracterizadas.

D. Casimiro Meliá propone la creación de Escuelas Superiores de Ingenieros en coordinación con una Politécnica.

Llegados a este punto el Presidente interrumpe el debate y resume brevemente las ideas expuestas por los diferentes Sres. Congresistas y pidiéndoles que la discusión de los temas, a los que ha conducido la exposición del Sr. Patac, se demoren hasta que la Sección trate del estudio de la Ponencia sobre enseñanza técnica que ha de seguir:

Aceptado el punto de vista de la Presidencia, ésta concede la palabra al Sr. Peña, representando al Sr. Rodríguez Navarro, para que exponga su trabajo sobre un nuevo mapa maquético de España.

A continuación el Sr. Peña hace la exposición resumida del trabajo siguiente:

N.° 278. - Proyecto de un nuevo Mapa Magnético de España

Autor: D. JOSÉ RODRÍGUEZ NAVARRO Y DE LAFUENTE
Ingeniero Militar y Geógrafo

En el I Congreso Nacional de Ingeniería, celebrado en Madrid en 1919, los ingenieros geógrafos don Ubaldo de Azpiazu y Artazu y don Rodrigo Gil Ruiz, presentaron un interesante estudio titulado «Magnetismo Terrestre», en el cual se exponía la preocupación sentida en nuestro país por la formación de un mapa magnético nacional. Este trabajo enumeraba las bases necesarias, consistentes en los Observatorios de San Fernando, El Ebro y otros dos propuestos para el Centro y el Nordeste de España. El Observatorio Central se proyectó primeramente en Alcalá de Henares y después llegó a ser realidad en los terrenos de Buenavista, a cuatro kilómetros de Toledo, por la carretera de Avila, donde actualmente se encuentra instalado con los servicios de Sismología, Electricidad y Magnetismo Terrestres. El Observatorio del Nordeste no llegó a instalarse, hasta que, hace dos años, comenzaron las obras de edificación en terrenos próximos a Logroño.

El estudio de los señores Azpiazu y Gil fué publicado en las Memorias del I Congreso y su resumen y conclusiones de la Sección 6.ª, Electrotecnia, aparecen en el tomo II de los trabajos del mencionado Congreso. Las conclusiones indicaban la necesidad de recabar del Gobierno la ayuda económica indispensable para llevar a efecto la formación del Mapa Magnético de España, conclusiones tan eficaces que tuvieron como consecuencia la realización completa del proyecto presentado. Se publicó en 1927 el primer mapa magnético nacional, referido a la época 1924,0.

Ahora, en el II Congreso Nacional de Ingeniería, es de esperar también que las conclusiones que se formulen con motivo del presente trabajo obtengan el apoyo del Gobierno para realizar el nuevo Mapa Magnético de España, a la altura científica que requiere el prestigio de nuestra Patria.

GENERALIDADES

Es bien conocida la necesidad que tiene toda nación de disponer de un buen mapa magnético, dadas sus aplicaciones en todas las cuestiones en las que se utiliza la maravillosa propiedad de orientación de la aguja magnética que es utilizada en la navegación, tanto aérea como marítima, en los levantamientos topográficos y en la prospección de minerales magnéticos, que tan interesantes son en las economías nacionales.

La aguja magnética nos da medio rapidísimo de tener una orientación y su sencillez la hace competir con ventaja con los otros medios, como son los astronómicos por observaciones de sol o de estrellas que exigen muchísimo más tiempo y cálculos o por los giroscópicos de costosa instalación y entretenimiento.

La gran sencillez y automatismo de la aguja magnética para realizar su cometido es debida a su propiedad de situarse en la dirección del vector del campo magnético en cualquier punto, y este vector es, a su vez, la resultante del que representa en aquel punto la intensidad del campo magnético terrestre y del que producen las perturbaciones fijas y móviles del lugar.

Ahora bien, el vector del campo magnético terrestre no es fijo, sino, por el contrario, esencialmente variable y función de tiempo y situación, es decir, que en un mismo instante tiene valores distintos para las distintas posiciones geográficas y, en cambio, para un mismo lugar varía con el tiempo; variación que ha podido ser descompuesta en *variación diurna*, que depende de la posición aparente del sol sobre el lugar considerado *variación anual*, que depende de la situación de la tierra en su órbita con respecto a nuestro astro central, y *variación secular*, que es la que presentan los valores medios anuales.

Basta lo dicho para comprender la dificultad de representación de este vector magnético si se quisiera obtener de modo gráfico exacto su posición sobre un mapa y su variación con el tiempo. Para lo primero sería necesario un espacio de tres dimensiones que nos diera la situación del vector en cada punto del terreno en un momento determinado, y después, por un procedimiento cinematográfico, ver las modificaciones que la coordenada tiempo imprimía a la posición de esos vectores.

Desechado, por impracticable, este procedimiento, el universalmente adoptado se reduce a trazar en un mapa las *líneas isomagnéticas* correspondientes a un instante determinado, entendiendo por tales las que unen todos los puntos del mismo valor de uno de los elementos que, en su conjunto, definen el repetido vector y parece a primera vista que pudieran utilizarse sus tres coordenadas rectangulares X, Y, Z, que dan en cada punto sus proyecciones sobre el meridiano geográfico o línea S-N, sobre su perpendicular en el plano horizontal o línea W-E y sobre la línea nadiral, puesto que en nuestras latitudes la inclinación es hacia el interior de la tierra.

No es éste el criterio generalmente adoptado, y el que se sigue es, como todos sabemos, la representación en tres mapas, de los cuales el primero da las *isógonas*, en unidades angulares, o sea,

las líneas que unen los puntos de igual declinación magnética; el segundo representa las *isóclinas* líneas que unen los puntos de igual inclinación, medida también en unidades angulares, y el tercero las *isodinámicas*, o sea, los puntos geográficos en los que en ese instante tienen igual valor de la proyección horizontal de la intensidad magnética medida en gammas.

Teniendo ya el mapa para un instante determinado, deducido de los valores que se han obtenido en los lugares en que se ha hecho la observación, se pueden deducir por interpolación los correspondientes a los demás puntos del mapa y se puede considerar perfectamente conocido el magnetismo terrestre de la región considerada en el instante elegido en el tiempo.

Si todas las observaciones que sirven de base al mapa pudieran ser hechas exactamente en ese instante elegido, el trazado de las líneas isomagnéticas no presentaría dificultad, pero, como no es posible esa observación simultánea, es preciso corregir los valores de cada observación para reducirlos a un tiempo común para todas, y eso se hace por medio de las líneas *isóporas*, o sea, las que, por los procedimientos que luego veremos, se trazan en el mismo plano, uniendo los puntos en los que la variación de uno de los elementos declinación, inclinación o componente horizontal tienen el mismo valor.

El trazado de estas isóporas permitirá dar dinamicidad al mapa, o sea, nos permitirá deducir, a lo largo del tiempo, las variaciones de las tres magnitudes escalares elegidas para representar la magnitud vectorial de la intensidad magnética.

MAPAS MAGNÉTICOS ACTUALES

El Mapa español

España tiene actualmente su mapa magnético, es decir, que en los conjuntos internacionales de representación de los elementos magnéticos no hay un hueco al llegar a su territorio, ya que, como corresponde a su honrosa tradición científica y cultural, se han hecho observaciones que se han plasmado en el correspondiente mapa llevado a cabo cuando otras naciones, incluso europeas, no los tenían observados y ha podido ser utilizado en las magníficas obras publicadas por el Departament of Terrestrial Magnetism de la Carnegie Institution of Washington «*Description of the earth's main magnetie field at its secular change* 1905-1945 y *the geomagnetic field, its description and analysis*», en las que se estudian el magnetismo en todo el globo terrestre y sus variaciones.

Fué publicado en 1927, y consta de tres hojas, que dan las curvas isógonas, isóclinas e isodinámicas para la época de 1924 o deducidas de observaciones hechas por los ingenieros geógrafos señores Fort, Aspiazu y Gil, del Instituto Geográfico Español.

Las estaciones en total, 286, fueron observadas en el territorio peninsular e islas Baleares entre el año 1912, en el que se empezaron los trabajos y la época de los mapas, para los cuales se tomó como base únicamente el Observatorio de El Ebro (Tortosa), de situación excéntrica en nuestro país. Se repitieron las observaciones de un cierto número de estaciones, algunas varias veces y en años distintos con objeto de calcular su variación secular y con ella complementar las variaciones observadas en El Ebro para hacer la reducción a la época del mapa, o sea 1924,0.

Los instrumentos de campo utilizados fueron equipos Eschenhagen construídos en Alemania por Sartorius Werke, y para la inclinación fueron empleados inclinómetros de aguja que al final fueron substituídos por inductores terrestres con galvanómetros de hilo. Queda demostrado nuestra afirmación de que España tiene mapa magnético, pero creemos que para hablar con entera propiedad deberíamos decir más bien lo ha tenido, lo que le ha permitido mantener su rango científico entre las demás naciones, de las cuales unas no lo tenían y los de otras venían a ser poco más o menos de análoga categoría.

Veamos lo hecho en otras naciones.

PORTUGAL

En el Congreso de las Asociaciones Portuguesa y Española para el Progreso de las Ciencias, celebrado en Oporto en junio de 1942, presentó el Excmo. Sr. Profesor Anselmo Ferraz Carvalho un trabajo, extracto, según el mismo autor, de una Memoria, entonces en publicación, y que tenemos el gusto de conocer, sobre el Magnetismo Terrestre en Portugal, en la que se daban los mapas de isógonas o isóclinas para 1942,0 y en escala 1/1.500.000, y en el folleto explicativo se ve que han sido deducidas de las observaciones de 43 estaciones incluyendo en ellas el Observatorio de Coimbra, que ha servido de base para el estudio de las variaciones. El autor justifica este número de estaciones haciendo ver que con él, sobre los 91.948 kilómetros cuadrados que tiene Portugal, se consigue una densidad de una estación para cada 2.138 kilómetros cuadrados, análoga a la que resulta para el Mapa Magnético de España para 1924,0, en el que para los 505.208 kilómetros cuadrados de este territorio hay 286 estaciones, o sea, una por cada 1.766 kilómetros cuadrados.

No se deduce del aludido trabajo el lapso en el que se han observado esas 43 estaciones, cuyas fechas de observación no figuran, y, en cuanto a la reducción de estas observaciones, a la época 1942,0, que es la de los mapas, no está tampoco detallada, por lo que puede suponerse que se ha hecho por medio de las variantes obtenidas en el Observatorio de Coimbra, puesto que, para comparar con el Mapa Magnético de España da también los valores para 1942,0 calculados todos ellos por las diferencias constantes de — 2° 32' 4 para declinación y — 57' 00" para inclinación, que son las mismas que en esos dieciocho años da Coimbra con los promedios por año de — 8' 28" y — 3' 10", respectivamente.

Por último, para prolongar la vida de estos mapas, establece que deben admitirse las correcciones por año de — 6' 28" (6',48) para declinación y — 3' 00" (— 3',0) para inclinación, que son los promedios obtenidos en Coimbra durante sesenta y dos años.

Los aparatos de campo utilizados para el levantamiento fueron un magnetómetro Chaselon, de modelo medio, y un inductor terrestre de Sartorius, con galvanómetro de hilo Edellman.

ITALIA

Tuvo una primera carta magnética fechada en 1892 con unas 200 estaciones, que dan una densidad en sus 286,810 km^2 de unos 1.500 km^2 por estación y actualmente tiene otra correspondiente al mínimo de actividad solar de 1934, terminada de observar en 1937, con 1.529 estaciones que sobre su superficie de entonces de 312.510 km^2 da una estación por cada 205 km^2. Escala 1 : 1.000.000 y plazo de observación cinco años.

FRANCIA

Su primera carta fué de 1896 con 617 estaciones, o sea, una por cada 870 km² y la última para 1924,0 tiene 1.328 estaciones, o sea, una por cada 414 km². Su escala es también la de 1:1.000.000 y la observación duró desde 1921 a 1927, o sea, seis años.

ALEMANIA

El carácter federal de este Imperio dificultó grandemente la unidad de los trabajos, y así, hay mapa de Prusia, terminado en 1905, con 250 estaciones, el que, después, se transportó a 1909. Se hizo también un levantamiento en los Estados del Sur y uno nuevo para estudiar las anomalías de la Prusia Oriental, que se terminó en 1913, y que luego se transportó a 1923.

La heterogeneidad de estos trabajos y el largo espacio de tiempo en que fueron hechos, llevó a los magnetólogos alemanes a hacer un proyecto verdaderamente notable, en el que, unificando todos los Observatorios, entidades científicas de las que dependían, observadores y procedimientos, se pensó llevar a cabo en *UN AÑO* el levantamiento total de aquel país, demostrando con ello la importancia dada al tiempo de ejecución de los trabajos. Desgraciadamente, cuestiones de mayor importancia para aquel país no permitieron la realización de tan ambicioso proyecto.

SUIZA

Su mapa de 1892 tenía 70 estaciones, o sea, una por cada 590 km². El observado de 1927 a 31 tiene 134, o sea, una por 134 km².

BÉLGICA

De 1911 a 14 observó 136 estaciones, o sea, una por cada 216 km².

DINAMARCA

De 1890 a 1896 y luego, otra vez, entre 1900 y 1905, fueron observadas 185 estaciones, que corresponden a una por cada 240 km².

FINLANDIA

Su mapa de 1925 tiene 877 estaciones; una por 430 km².

HOLANDA

Su último mapa, observado entre 1942 y 1947, tiene 378 estaciones; una por cada 90 km².

NORUEGA

Las campañas de 1938-39 y de 1942-43, reducidas a 1941,5, dieron 1.500 estaciones; una por 216 km².

SUECIA

En 1928 se observaron 100 estaciones seculares, y de 1928 a 1934, 2.359 estaciones, que equivalen a una por cada 190 km².

Los datos anteriores (y en lo sucesivo sólo nos referiremos a España) hicieron comprender que era preciso emprender el levantamiento de un nuevo Mapa Magnético, ya que el anterior adolecía de tres inconvenientes principales, que eran: su poca densidad, la larga duración de su ejecución y el estar apoyado en un solo Observatorio no bien situado.

Terminada la instalación del Observatorio Geofísico Central de Buenavista (Toledo) (que no podemos mencionar sin recordar al Ilmo. Sr. D. José Galbis, Inspector del Instituto Geográfico), y hecha la debida comparación de aparatos en el mismo, empezó, en 1936, por el Servicio de Magnetismo del mismo Instituto a las órdenes del Ilmo. Sr. D. Ignacio Fossi, con los Ingenieros Geógrafos Sres. Cifuentes, Bonelli y el que suscribe, la observación de un nuevo Mapa Magnético Nacional, a base de ejecutarlo en siete años, como máximo, con unas 1.500 estaciones y sirviéndole de apoyo los tres Observatorios Magnéticos de Buenavista (Toledo), El Ebro (Tortosa) y San Fernando. Se hicieron observaciones en las provincias de Cádiz, Málaga, Toledo, Avila, Guadalajara y Segovia, pues el criterio adoptado era hacerlo sin división en zonas.

Desgraciadamente, el Alzamiento Nacional ocurrido en julio de aquel mismo año 1936, hizo imposible la continuación de este proyecto, y otra vez, y por mucho tiempo, España no podía contar más que con su Mapa de 1924,0, con todos sus inconvenientes, que el tiempo hacía cada vez mayores.

Lo peor que tenía nuestro mapa era que podíamos considerarlo como ESTÁTICO. Se habían obtenido los valores para 1924,0 y se habían dibujado las líneas isomagnéticas correspondientes, pero faltaba el que pudiera seguir en su movimiento a un elemento tan dinámico como es el magnetismo que representaba. Algo así como si hubiéramos construído un reloj más o menos imperfecto, lo hubiéramos puesto en hora y se nos hubiera olvidado darle el impulso que lo pusiera en movimiento. Era preciso hacer que el mapa fuera DINÁMICO, y para ello, el ingeniero que suscribe escribió el *Estudio de la variación secular en los Mapas magnéticos*, que fué presentado en el mismo Congreso de Oporto de 1942 de las Asociaciones Españolas y Portuguesas para el Progreso de las Ciencias; trabajo que vamos a extractar por considerarlo de interés para lo que luego ha de decirse.

Adaptación del Mapa Magnético de España para 1924,0 a la época 1939,5.

Para hacer esta adaptación hemos hecho en aquel trabajo el estudio de la variación secular en los Observatorios Magnéticos, y por no contar con observaciones anteriores del de Buenavista (Toledo), sólo podíamos utilizar en el Territorio Peninsular Español los de EL EBRO (Tortosa) y SAN FERNANDO, y aún uniendo a ellos el de COIMBRA en nuestra querida nación hermana, no teníamos suficiente número para nuestro estudio y, por ello, tuvimos que recurrir también a los de NANTES Y VALJOYEUX (Francia) y el de BOUZAREAH (Argelia).

Con grandes dificultades, como consecuencia de la guerra, conseguimos los promedios anuales de la declinación (único elemento magnético para la que hicimos el cálculo) en dichos Observatorios para los años comprendidos entre 1923 y 1935 ó 1937.

El valor anual de la declinación, o sea, el promedio antes mencionado, es función del tiempo en cada Observatorio y supusimos que esa función era entera y de segundo grado con respecto a la

variación del tiempo del cual tomamos por origen el año 1923,5 y por tanto:

$$D_t = f\ (t) = D_{1923,5} + A\ \ (t - 1923,5) + \ B\ \ (t - 1923,5)^2$$

Para cada observatorio se calcularon los valores NORMALES de $D_{1923,5}$ A y B por el procedimiento de los mínimos cuadrados, estableciéndose una ecuación de condición por cada año de los que se tenía el valor del promedio correspondiente, y así se obtuvieron para valores normales de la declinación:

EL EBRO:

$$D_t = 11^\circ\ 30,'80) - 11,'162\ (t - 1923,5) + 0,'14532\ (t - 1923,'5)^2$$

SAN FERNANDO:

$$D_t = (13^\circ\ 32,'34) - 8,'709\ (t - 1923,5) + 0,'03588\ (t - 1923,'5)^2$$

COIMBRA:

$$D_t = (14^\circ\ 57,'45) - 10,'232\ (t - 1923,5) + 0,'13152\ (t - 1923,5)^2$$

VAL JOYEUX:

$$D_t = (12^\circ\ 19,'85) - 12,'178\ (t - 1923,5) + 0'09222\ (t - 1923,5)^2$$

NANTES:

$$D_t = (13^\circ\ 23,'23) - 12,'122\ (t - 1923,5) + 0,'10914\ (t - 1923,5)^2$$

BOUZAREAH:

$$D_t = (9^\circ\ 57,'65) - 8,'323\ (t - 1923,5) + 0'01356\ (t - 1923,5)^2$$

Con esas ecuaciones se calculó el valor de la declinación en cada Observatorio para 1939,5, o sea, el valor anual para 1939, y, como tenemos también los valores correspondientes para 1924,0, o época de nuestro plano, conoceremos la variación de la declinación entre las dos fechas expresadas en cada Observatorio, que resulta ser:

	1924,0	1939,5	Variación en el intervalo
El Ebro	$11^0 - 25,'3$ W	$9^0 - 09,'4$ W	$-\ 2^0 - 15,'9$
San Fernando...	$13^0 - 28,'0$ »	$11^0 - 22,'2$ »	$-\ 2^0 - 05,'8$
Coimbra	$14^0 - 52,'4$ »	$12^0 - 47,'4$ »	$-\ 2^0 - 05,'0$
Val Joyeux	$12^0 - 13,'8$ »	$9^0 - 28,'6$ »	$-\ 2^0 - 45,'2$
Nantes.........	$13^0 - 17,'2$ »	$10^0 - 37,'2$ »	$-\ 2^0 - 40,'0$
Bouzareah......	$9^0 - 53,'5$ »	$7^0 - 41,'0$ »	$-\ 2^0 - 12,'5$

Estos valores demuestran que la variación de declinación, que llamaremos $\triangle$ D, no es igual en todos los Observatorios y la haremos dependiente de la situación geográfica de los mismos, o sea, de sus coordenadas φ y λ, latitud y longitud geográficas, respectivamente,

$$\triangle D = F(\varphi, \lambda)$$

o mejor:

$$\triangle D = F(\triangle \varphi, \triangle \lambda)$$

tomando como origen de coordenadas geográficas un punto central de España, o sea,

$$\varphi_0 - 40^0 \text{ N} \qquad \text{y} \qquad \lambda = 3^0 \text{ W } G_r = -\ 3^0$$

es decir:

$$\triangle D = F(\varphi - 40^0, \lambda + 3^0)$$

Esta función se supuso entera, de segundo grado, en sus dos variables, y para cada observatorio tendrá la forma:

$$\triangle D = (\triangle D)_0 + A\,(\varphi - 40^0) + B\,(\lambda + 3^0) + $$
$$+ C\,(\varphi - 40^0)\,(\lambda + 3^0) + D\,(\varphi - 40^0)^2 + E\,(\lambda + 3^0)^2$$

ecuación con seis incógnitas $\triangle$ D, A, B, C, D y E, y como teníamos seis Observatorios y, por tanto, seis ecuaciones, nos fué posible resolver el sistema y obtener:

VALOR DE LA VARIACIÓN SECULAR ENTRE 1924,0 y 1939,5 PARA ESPAÑA, PORTUGAL, SUR DE FRANCIA Y NORTE DE MARRUECOS.

$$\triangle D = -\ (2^0\ 13,'7) - 1,'66\,(\varphi - 40^0) - 0,83\,(\lambda + 3^0) +$$
$$+ 0,107\,(\varphi - 40^0)\,(\lambda + 3^0) - 0,'276\,(\varphi - 40^0)^2 + 0''161\,(\lambda + 3^0)$$

Esta ecuación isopórica nos dará el valor de la variación de la declinación entre 1924,0 y 1939,5 para cada punto y, por tanto, para cada estación magnética, sin más que substituir en ella los valores correspondientes de su latitud φ y longitud λ, y por tanto, de los valores de 1924,0 se obtuvieron los de 1939,5, lo que permitió trazar las curvas de isógonas para esta última época que figuran en la lámina 1.ª

Con ayuda de la anterior fórmula se trazaron también las curvas isóporas de declinación, para el referido intervalo de 1924,0 a 1939,5, que figuran en la lámina 2, que adoptan forma hiperbólica y en las que se ve de un modo gráfico la forma en que influye la posición geográfica en el valor de la variación estudiada.

Debemos aclarar que los valores que da la fórmula de $\triangle$ D son negativos y que hay que restar su valor absoluto del de los valores de la declinación en 1924,0 para obtener los de 1939,5, pues así se hizo en el cuadro que da la variación en el intervalo para los Observatorios.

Hubiera sido más matemático el considerar que las declinaciones, por ser occidentales, son negativas y que, por lo tanto, su variación resultaría positiva.

PROLONGACIÓN DEL MAPA MAGNÉTICO ENTRE 1939,5 Y 1944,5.

Con lo dicho habíamos conseguido trasladar el Mapa de 1924,0 a 1939,5, es decir, que el reloj que marcó la hora en aquella hora, la marcará también *teóricamente* en 1939,5, si bien los defectos que entonces tenía se habían hecho mucho mayores, pero aún quisimos prolongar su vida, aunque fueran artificialmente, por cinco años más, o sea, hasta 1944,5.

Para ello, con las fórmulas obtenidas para cada uno de los seis Observatorios, dedujimos los valores normales para 1944,5, que resultaron ser:

El Ebro	$8^0\ 40,'5$ W
San Fernando	$10^0\ 45,'3$ »
Coimbra	$12^0\ 20,'6$ »
Val Joyeux	$8^0\ 24,'8$ »
Nantes.............	$9^0\ 56,'8$ »
Bouzareah	$6^0\ 56,'9$ »

resultando los promedios de variación secular por año:

El Ebro	— 5,'8
San Fernando	— 7,'4
Coimbra	— 5,'4
Val Joyeux	— 8,'8
Nantes.............	— 8,'1
Bouzareah	— 8,'8

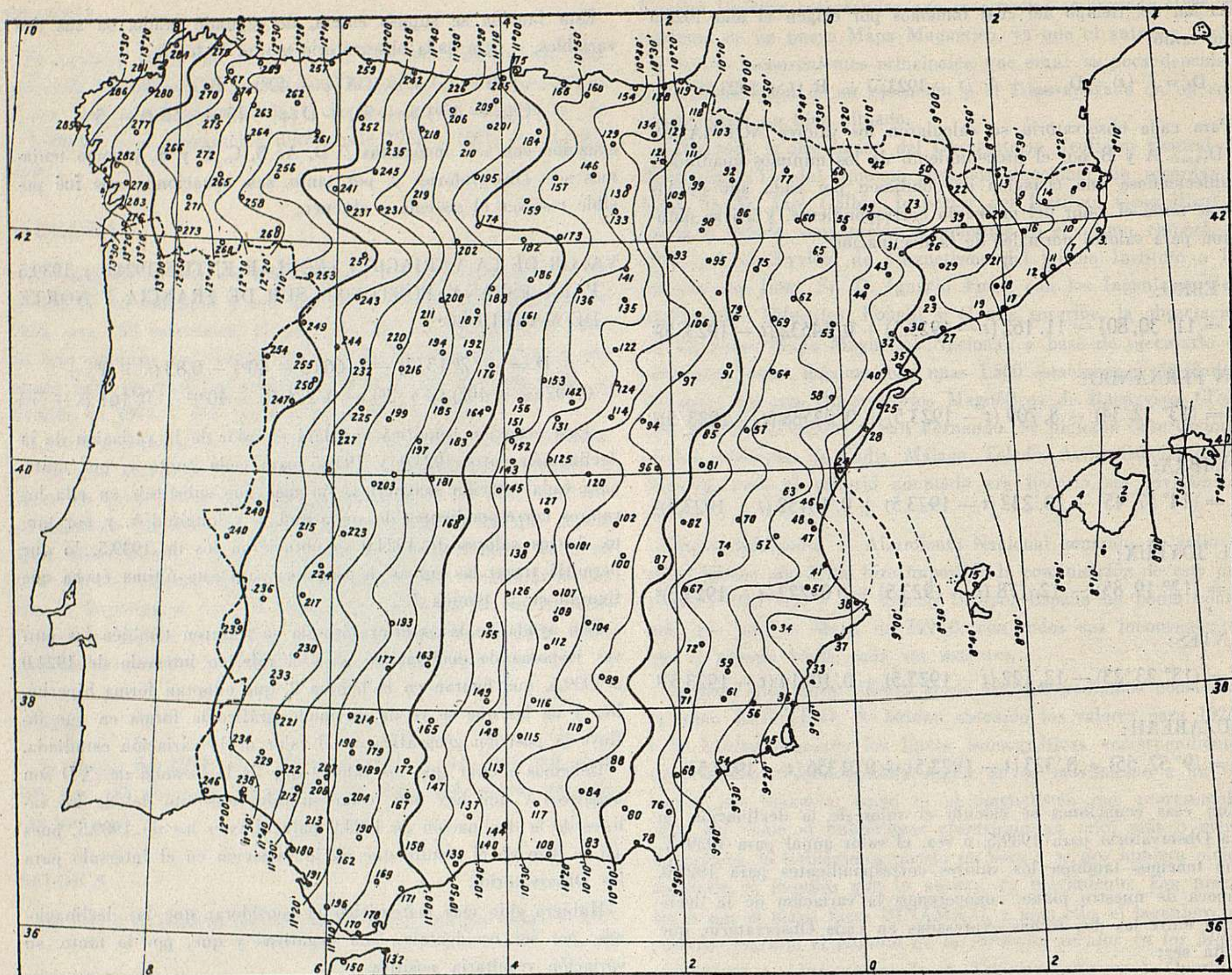


Lámina 1.ª—*Isógonas de Rodríguez Navarro para 1939,5.*

Con estos valores se volvieron a formar para cada Observatorio la ecuación:

$$\triangle D = (\triangle D)_0 + A(\varphi - 40^0) + B(\lambda + 3^0) + C(\varphi - 40^0)(\lambda + 3^0) + D(\varphi - 40^0)^2 + E(\lambda + 3^0)^2$$

que resueltas nos dieron:

VALOR PROMEDIO DE LA VARIACIÓN SECULAR POR AÑO ENTRE 1939,5 Y 1944,5 PARA ESPAÑA, PORTUGAL, SUR DE FRANCIA Y NORTE DE MARRUECOS.

$$\triangle D = -5'89 + 0,'304(\varphi - 40^0) - 0,'070(\lambda + 3^0) + 0'0371(\varphi - 40^0)(\lambda + 3^0) - 0,'0895(\varphi - 40^0)^2 + 0'0032(\lambda + 3^0)^2$$

De esta ecuación debemos aclarar, como lo hicimos en la hallada para $\triangle D$ entre 1924,0 y 1939,5, que, continuando la disminución de la declinación W para España, el valor absoluto de $\triangle D$ hay que restarlo del de la declinación, después de multiplicarlo por el número de años transcurridos desde 1939,5, siempre que no excedan de cinco.

De ella se dedujeron las curvas isóporas para declinación que figuran en la lámina 3.ª

Y aquí terminan las posibilidades de hacer sobrevivir al Mapa Magnético de España de 1924,0 por el procedimiento utilizado. Había que pedir nuevos datos de valores anuales a los Observatorios y hacer nuevos cálculos, pero resulta que el de El Ebro tuvo que suspender sus observaciones como consecuencia de la guerra en España, aunque nuevamente las reemprendió con toda normalidad; el de Coimbra está parado hace años, y el de Val Joyeux, perseguido, como tantos otros, por la expansión de las perturbaciones originadas por la vida moderna, fué substituído en Francia por el de Chambon-la-Foret, convenientemente ligado, sin embargo, con el anterior por observaciones simultáneas.

LA «HOJA ESPECIAL DEL TERRITORIO PENINSULAR. LA CARTA NACIONAL DE DECLINACIONES MAGNÉTICAS (PROVISIONAL)», DE CUBILLO.

No podemos dejar de sentir verdadera emoción y veneración al pronunciar el nombre del Ilmo. Sr. D. José Cubillo Fluiters, nues-

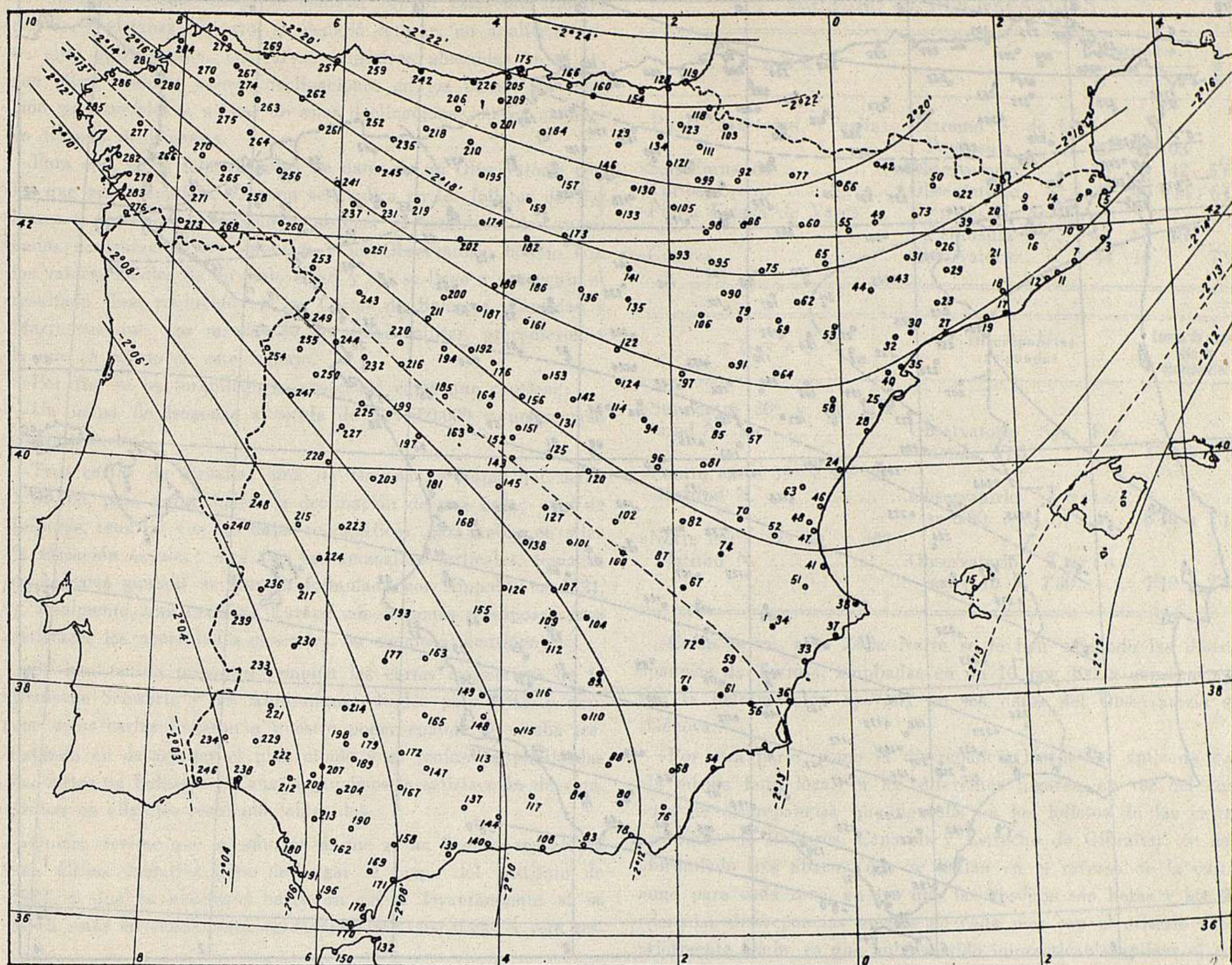


Lámina 2.ª — *Curvas isopóricas de Rodríguez Navarro.*

tro antecesor en la Jefatura del Servicio de Magnetismo y Electricidad Terrestres del Instituto Geográfico y Catastral, Jefatura que desempeñó con inmenso acierto desde 1942 hasta su prematura muerte ocurrida en 1948, y en la que llevó a cabo una labor sumamente fecunda, para la que le sirvieron de base, no sólo su extrema laboriosidad e inteligencia unidas a su gran bondad, sino sus extensos y profundos conocimientos que, aparte de sus dos títulos oficiales de Ingeniero Militar e Ingeniero Geógrafo, lo hacían un técnico meritísimo en las más variadas disciplinas, como Aerostación, Aviación, Meteorología, Construcción, Mecánica, Física, Matemáticas, Geofísica y, en general, en todo lo que, de lejos o de cerca, se relacionó con sus múltiples actividades en todas las cuales acreditó su valer y dejó importantes pruebas de su inagotable actividad que sólo la muerte pudo detener.

De su paso por nuestro Servicio nos han quedado publicaciones y trabajos de verdadero mérito, y, por no extendernos más, sólo citaremos como más coherentes con nuestro tema las que se refieren a la Carta Nacional de Declinaciones Magnéticas y que constituyen las cuatro publicaciones:

Hoja especial del Archipiélago Balear.—Instituto Geográfico y Catastral, 1942.

Hoja especial del Archipiélago Canario.—Idem íd. íd., 1943.

Hoja especial del Estrecho de Gibraltar.—Idem íd. íd., 1945; y

Hoja especial del Territorio Peninsular.—Idem íd. íd., 1949.

Todas estas publicaciones no son meras descripciones de las observaciones efectuadas y de los resultados obtenidos, sino verdaderas exposiciones didácticas, en las que, en cada trabajo, ha ido superándose a sí mismo, no sólo en la exposición de lo observado, sino en la deducción de sus consecuencias y de sus conexiones con la fisiografía, geología, sismología, gravimetría, meteorología e hidrología de las regiones estudiadas.

Su última obra, sobre todo, es un verdadero tratado de Magnetismo Terrestre, en el que abarca la parte histórica desde los primeros descubrimientos, hasta la época actual; el estudio de aquél, dividido en sus dos ramas de Magnetoestática y Magnetodinámica Terrestres, con la consideración de variaciones y perturbaciones, tormentas, auroras, etc.

Describe los aparatos y métodos de observación y llega, como es

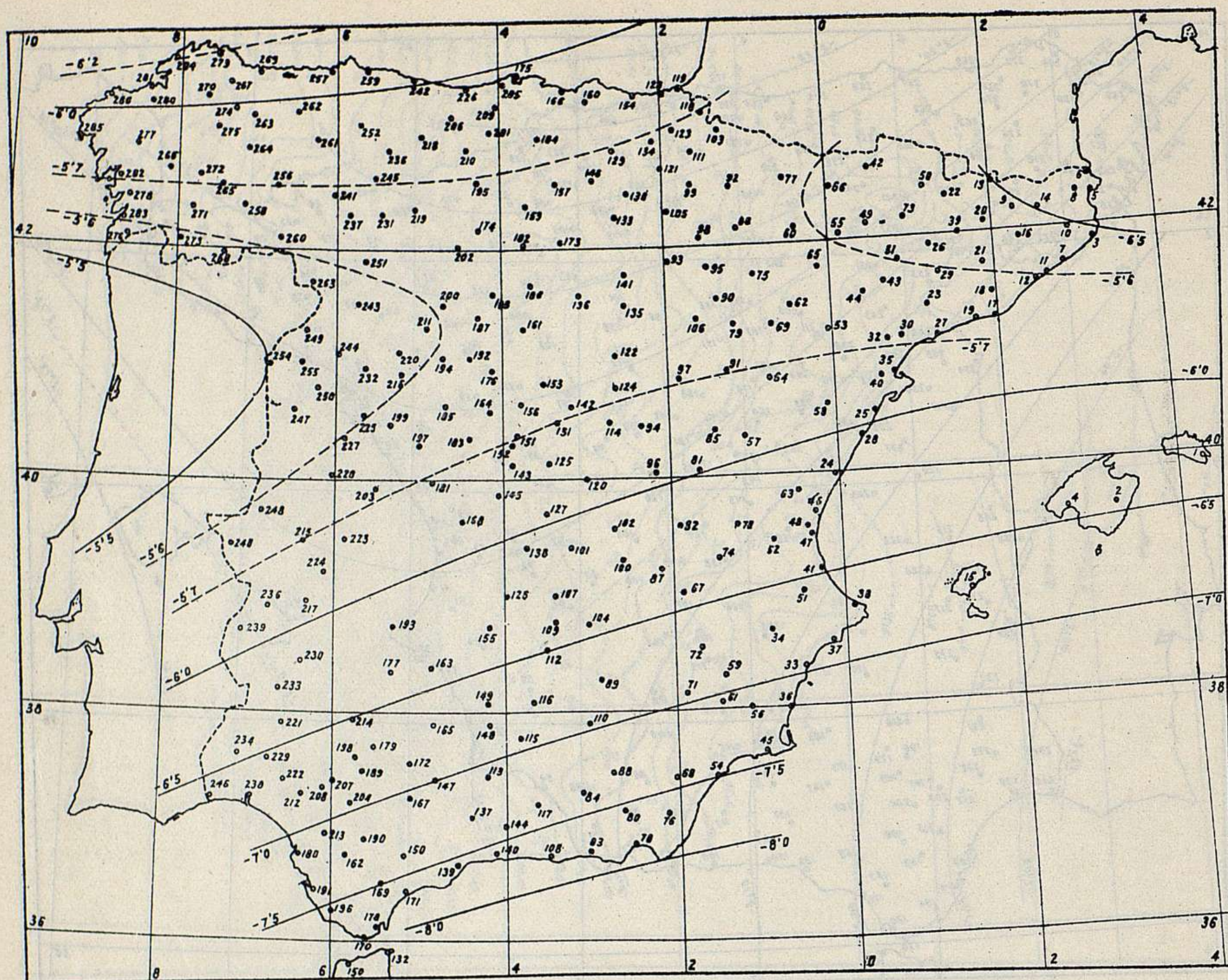


Lámina 3.ª—*Isopóricas de Rodríguez Navarro hasta 1944,5.*

su principal objeto, a la Cartografía Magnética, que considera con toda generalidad y en su aplicación a nuestro territorio, del cual hace un completo estudio geológico y geofísico y llega a exponer, de magistral manera, las conexiones entre todas las ramas de esas ciencias.

A todo lo largo de esta obra, así como en las anteriores, no sólo estudia y discute teorías ajenas, sino que establece las propias con una claridad en sus fundamentos y en su desarrollo y consecuencias que no dudamos que en lo sucesivo han de ser tomadas en cuenta con verdadero interés.

Cubillo, como todos los que estamos en este Servicio, vió que era indispensable, en cuanto las circunstancias lo permitieran, hacer el Mapa Magnético de España con orientaciones y procedimientos modernos, pero que era preciso, mientras tanto, vivificar en lo posible nuestro mapa. Vamos a dejar que sea él mismo el que nos describa cómo lo hizo, tomándolo de su última obra:

«Cuando, en 1942, se hizo cargo del Servicio de Magnetismo el »autor de este trabajo y dedicó su atención a estudiar el estado »del problema y, por otra parte, a los medios de satisfacer las »demandas de datos magnéticos, principalmente en declinación »que constantemente se hacían, formuló un plan que, para ahorrar »tiempo, explicó verbalmente ante el Consejo Geográfico presidi»do por el Ilmo. Sr. Director de este Instituto, a consecuencia de »lo cual se hizo una propuesta extraordinaria para adquisición de »magnetómetros de campo, con los que habría de hacerse un nue»vo levantamiento, como ya había proyectado, por segunda vez, el »antecesor en el Servicio, D. Ignacio Fossi.

»Por otro lado, como era apremiante dar satisfacción a las de»mandas de datos de declinaciones, y para ello se habían hecho »nuevas observaciones de campo en diversos puntos de la Pennín»sula y, especialmente, en Baleares, que se hallaban sin reducir »a una misma época, como también existían en el archivo obser»vaciones de Marruecos y de Canarias aún sin utilizar y como, por »fin, aun habiéndose dispuesto de magnetómetros, levantar un »mapa no es tarea de una campaña, se tomó la decisión de trans»portar todos los datos de que se disponía a la misma época de »1942,5, y hacer una determinación isopórica para prolongar la »carta de esa fecha por algunos años, hasta tanto se dispusiese

»de un nuevo mapa. Como se contaba con el excelente trabajo »del Sr. Rodríguez Navarro, se decidió retocar, no analíticamen»te, sino gráficamente, las curvas isopóricas obtenidas en él, y, »con ellas, calcular nuevas declinaciones en los puntos de esta»ción ya conocidos y, a base de estas declinaciones, hacer un nue»vo trazado de isógonas.

»Para ello, hacía falta disponer de datos de un Observatorio con »los que no se contaba, y, como se explica en los folletos de Ba»leares y Canarias, se adoptó el sistema de establecer las canti»dades denominadas *discrepancias* y un Observatorio ficticio con »los valores medios de un ciclo solar, y así se llegó a conseguir el »resultado final traducido en las Cartas de Baleares, Canarias y »Marruecos que, por razones de necesidad militar, precedieron a »la que es objeto de este trabajo.

»Por fin, se ha formulado la propuesta carta que contiene:

»Un mapa de isógonas a escala de 1:1.500.000 y un reverso »compuesto de:

»Tres cartas de España: una de isógonas y hojas del mapa »1:50.000, para poder hallar la declinación de una hoja; otra de »isóporas, también con las hojas topográficas, para hallar en ellas »la variación secular; otra con las anomalías verticales, tomadas »de la carta general de Europa formulada por Nippoldt en 1921, »y, finalmente, una carta de Europa con isógonas e isóporas para »satisfacer las necesidades generales, en cuanto al continente.

»Se han tenido presentes también las cartas magnéticas de la »Deutsche Seewarte y del Almirantazgo Inglés para 1942, y aun»que estas cartas llegaron a nuestro poder cuando se estaba tra»bajando en desarrollar el plan citado y se tenían ya publicadas »las cartas de Baleares y Canarias, tuvimos la satisfacción de com»probar en ellas los resultados obtenidos.

»Quiere decirse que la solución a que se ha llegado representa »una última tentativa para prolongar el mapa del Instituto de »1924, y que es necesario hacer un nuevo levantamiento si se »desea estar en condiciones verdaderamente científicas a este res»pecto.

»Antes de dar por terminada esta exposición, hay que decir »algo sobre los gráficos de discrepancias, que figuran en el re»verso de la carta.

»Se explicó anteriormente qué se entendía por discrepancia y »las ventajas que reporta el empleo de esta cantidad en lugar de »otros artificios que venían usándose para conocer el valor medio »anual deducido de uno instantáneo, o recíprocamente, que es el »caso de utilización de una carta.

»Como la discrepancia está influída principalmente por la va»riación diurna y en una pequeña parte por la variación secular, »resulta que es la latitud de un lugar la característica que más »ha de influir sobre la discrepancia, aunque realmente habría de »ser la latitud geomagnética la considerada.

»En consecuencia, se hizo el gráfico de la figura 133, en donde »las abscisas son latitudes y las ordenadas discrepancias medias »anuales, incluyendo, naturalmente, el Observatorio de Génova, »del cual se conocían los respectivos datos, para formar así un »campo de variación de discrepancias que comprendiese en lati»tud toda la Península, y con los tres puntos se dibujó una curva »de variación de discrepancias.

»Se situaron los puntos de latitudes extremas y se hizo la dis»tribución que resulta de los siguientes cuadros:

»CUADRO DE DISCREPANCIAS

LUGARES		Latitudes °	'	"	Discrepancias
»Punta Marroquí (Tarifa).	Extremo S. de la Península	36	00	03	
»San Fernando	Observatorio... ...	36	27	42	5'63
»Tortosa	Observatorio... ...	40	49	14	6'60
»Punta Estaca de Vares ...	Extremo N. de la Península	43	47	25	
»Génova	Observatorio... ...	44	10		7'92

ZONAS	Discrepancias asignadas	Campo de variación de discrepancias
»Sur entre 36° y 39° latitud N.	Observatorio San Fernando 5'85	5'60 a 6'10
»Centro entre 39° y 42° 30' »latitud N.	Observatorio Tortosa 6'60	6'10 a 7'10
»Norte entre 42° 30' y 44° »latitud N.	Observatorio Tortosa + 10 % 7'30... ...	7'10 a 7'60

»Como se ve, a la Zona Norte se le han asignado las discre»pancias de Tortosa, ampliadas en un 10 por 100 a consecuencia »de la extrapolación apoyada en los datos del Observatorio de »Génova.

»Por otra parte, como la discrepancia ha de ser aplicada con »la misma hora local en los diferentes lugares, en vez del cua»dro de discrepancias que figuraba en los folletos de las cartas »parciales de Baleares, Canarias y Estrecho de Gibraltar, se han »formulado tres ábacos, que se hallan en el reverso de la carta, »uno para cada zona, en los que las abscisas son horas y las or»denadas discrepancias medias de cada mes con el criterio ante»riormente fijado, ya que hubiese sido impracticable aplicar el sis»tema por días sin que se ganase en exactitud; pero las abscisas »no son fijas, sino que se obtienen en otro ábaco secundario yux»tapuesto en función de la longitud del lugar, para aplicar así, »como se ha dicho, la hora local. Por fin, en la carta se aclara, »con un ejemplo, el uso de estos ábacos.

»Es necesario hacer constar aquí la parte activa que los Inge»nieros del Servicio de Magnetismo, D. Pedro de Yrizar, D. José »Munuera, D. Alfonso Méndez Vigo y D. Vicente Peña, han to»mado en los trabajos de confección de las cartas y ábacos que las »acompañan, sin olvidar los trabajos de campo que han servido »de apoyo a todo ello.»

Nada tenemos que añadir a lo dicho por nuestro ilustre antecesor y maestro, y sólo queremos hacer resaltar que su opinión, como la nuestra, es que es preciso llegar cuanto antes al levantamiento del nuevo Mapa Magnético de España, opinión que compartió e incluso empezó a llevar a efecto, como tenemos dicho, nuestro antecesor, Ilmo. Sr. D. Ignacio Fossi, y en la que es de justicia consignar que tenemos el decidido apoyo en el Instituto Geográfico y Catastral, especialmente, de su Director General, Ilmo. Sr. D. Félix Campos-Guereta y Martínez; el Inspector General de Geofísica, Ilmo. Sr. D. Manuel García Martínez, y el Ingeniero Jefe de la Sección de Geodesia y Geofísica, Ilmo. Sr. D. Guillermo Sans Huelin.

NUEVO MAPA MAGNÉTICO DE ESPAÑA

Entramos ya de lleno en el objeto de este trabajo y justificada su necesidad, a lo que han tendido los párrafos anteriores, veamos los medios con que contamos para hacerlo.

Observatorios base

No ha sido nuestra intención el hacer historia al referirnos a los medios seguidos para hacer el transporte del Mapa y el cálculo de las líneas isóporas, sino que, por el contrario, hemos querido fijar la atención sobre la necesidad de Observatorios base para de ellos deducir las ecuaciones isopóricas, aparte de su utilización para el estudio de las variaciones y corrección de los datos observados.

Como las ecuaciones isopóricas las supusimos de segundo grado respecto a las variables φ y λ, o sea latitud y longitud geográfica, necesitábamos, para deducir sus coeficientes, seis ecuaciones y, por lo tanto, seis Observatorios, y como en nuestra Península sólo contábamos con tres, El Ebro, San Fernando y Coimbra, tuvimos que recurrir a otros tres, los de Val Joyeux, Nantes y Bouzareah, demasiado alejados de nuestro territorio y, por tanto, de menos garantía o peso para resolver el problema.

Si nos hubiéramos reducido a los Observatorios de nuestra Península hubiéramos tenido que suponer las ecuaciones isopóricas de primer grado y con ello tendríamos las tres ecuaciones indispensables para encontrar los tres coeficientes que necesitábamos.

Por ello, como conclusión del trabajo presentado en Oporto, estimábamos que, además de Coimbra, El Ebro y San Fernando, y aún siendo ya una realidad el Observatorio Central Geofísico de Buenavista (Toledo) perteneciente al Instituto Geográfico y Catastral de España, necesitábamos otros dos más; uno, en el Norte, y otro, en el S. E. para el que proponíamos Almería. Hubiéramos tenido así seis Observatorios, o sean, los estrictamente necesarios para las ecuaciones isopóricas de segundo grado, y, además, convenientemente distribuídos sobre nuestro territorio.

La realidad ha ido más allá de nuestras aspiraciones de entonces, y actualmente contamos en España con los Observatorios de Buenavista (Toledo), El Ebro y San Fernando, pertenecientes, respectivamente, al Instituto Geográfico, Compañía de Jesús y Marina de Guerra y están construyendo, también el Instituto Geográfico y Catastral, otros tres, que serán los de Almería, Logroño y Santiago de Compostela, todos con Sección de Magnetismo. Aún podemos contar con el de Villafranca de los Barros, también a cargo de la Compañía de Jesús y que ya tiene en funcionamiento parte de sus instalaciones.

A los siete Observatorios españoles deseamos con vivo interés unir el Observatorio portugués de Coimbra, de tan gloriosa tradición magnética. La unidad geográfica Ibérica, mantenida con verdadera fraternidad por las dos naciones que la constituyen, con paridad de historia, civilización, cultura y destino, no puede romperse para un fin científico e internacional como es nuestro Mapa Magnético. Por ello consideramos nuestro el Observatorio Geofísico de Coimbra, como Portugal puede considerar suyos todos los Observatorios españoles.

Contaremos, por tanto, con ocho Observatorios base, cuyo emplazamiento puede verse en el Mapa adjunto y de cuya situación podemos sentirnos satisfechos, pues, aunque no exactamente, dividen los ocho grados que ocupa en latitud la Península en forma de que en cada zona en paralelo (y ya sabemos que lo que más influye es la latitud) tenemos un Observatorio que nos dará, con plena garantía, las variaciones de los elementos magnéticos.

Si comparamos el número y situación de estos Observatorios con los de otras naciones, no podemos menos de sacar la consecuencia de que cuando nuestro proyecto, ya en ejecución, esté terminado, tendremos una altura en Magnetismo que difícilmente se podrá igualar.

Aparte de la satisfacción que ello nos produce, debemos hacer notar que nuestra Península está en una zona difícil en lo que a variación secular y líneas isóporas se refiere, por lo que no podemos contar con ella con la casi regularidad que presentan en el resto de Europa, y ello, sin duda, ha influído en colocar en nuestro territorio mayor número de Observatorios de los que hubiera sido necesarios en otras regiones y que aquí son imprescindibles.

División en zonas

Hemos trazado las mediatrices de las rectas que unen los Observatorios colindantes que suponemos todos de igual peso y así hemos obtenido la zona que corresponde a cada Observatorio, tomando la precaución de que los límites de las zonas sigan la dirección aproximada de las mediatrices, aunque ciñéndose a la cuadrícula de las hojas de nuestro Mapa de 1 : 50.000 que constituyen el elemento fundamental de nuestros trabajos geográficos.

Las estaciones hechas en cada zona se apoyarán en su Observatorio, y, de esta manera, prácticamente, cada estación se referirá al que está más próximo.

Como puede verse en el Mapa e insistiendo siempre en nuestra idea de contar con el Observatorio de Coimbra, le hemos asignado su zona en nuestro territorio.

Estaciones

El número de ellas que hemos supuesto nos da densidad análoga a la de los Mapas modernos de las naciones europeas que antes hemos considerado.

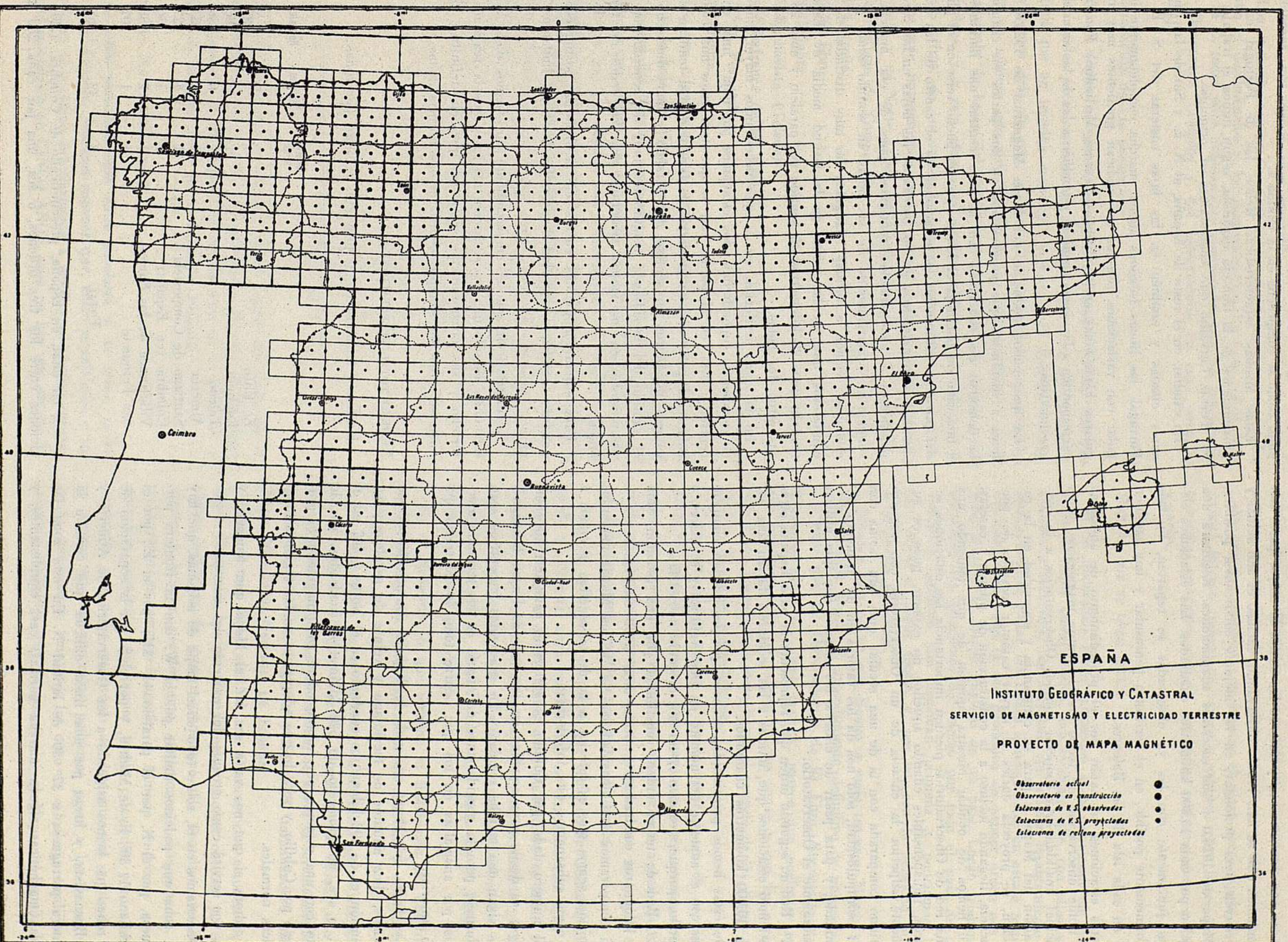
Pero antes veamos lo que dice Cubillo en su última obra sobre la hoja especial del territorio peninsular de España.

En ella, después de estudiar lo acordado desde el Congreso Geográfico de Viena, celebrado hace más de sesenta años, llega a la conclusión de que debe existir:

1.º Red permanente constituída por Observatorios; uno por cada 100.000 kilómetros cuadrados.

Como hemos visto en España, tendremos siete, o sea, uno por cada 72.000 kilómetros cuadrados y si consideramos la Península Ibérica tendremos ocho, es decir, uno por 75.000 kilómetros cuadrados; cifras que, aunque parecen muy inferiores a las anteriores, no lo son tanto, porque por estar cerca de las costas El Ebro, Almería y San Fernando y no muy lejos de ellas Coimbra y Santiago, parte de su radio de acción se pierde en el mar.

2.º Red secular o de primer orden constituída por una estación cada 20.000 kilómetros cuadrados, que equivaldría para España a veinticinco estaciones.


ESPAÑA
INSTITUTO GEOGRÁFICO Y CATASTRAL
SERVICIO DE MAGNETISMO Y ELECTRICIDAD TERRESTRE
PROYECTO DE MAPA MAGNÉTICO
Observatorio actual
Observatorio en construcción
Estaciones de V. S. observadas
Estaciones de V. S. proyectadas
Estaciones de relleno proyectadas
Coimbra

Hemos proyectado las estaciones seculares que indica el Mapa que son, en total, treinta y dos, de las cuales la mayor parte son las mismas que se han venido observando, incluso el año actual y que sirven para prolongar, en las mejores condiciones posibles, el Mapa de 1924,0 y sus sucesivas adaptaciones. Resultará una estación por cada 15.800 kilómetros cuadrados. Las estaciones elegidas juntamente con las ya observadas se reparten, lo más uniformemente posible, en el territorio peninsular y hay también una en cada isla de las Baleares.

Estas estaciones se harán por el procedimiento de absolutas con doble observación de todos los elementos magnéticos, y su principal finalidad será cooperar con los Observatorios a la continuación del Mapa, y para su constancia y seguridad en la repetición, se proyecta darles el mayor carácter posible de permanencia, llegando incluso a la construcción de pilares y casetas.

No hemos de ocultar nuestra opinión de que teniendo una buena red de Observatorios pierden importancia las estaciones seculares, indispensables cuando aquéllos no existen, pues es sumamente superior la eficacia de un Observatorio con registro continuo comparada con la de una secular que, aún hecha con gran escrupulosidad, sólo nos da los valores en un momento determinado, y para pasar de ellos a los anuales hay que utilizar precisamente el Observatorio.

3.º Red de segundo orden que representaría para España otras veinticinco estaciones que, unidas a las seculares, darían una por cada 10.000 kilómetros cuadrados.

De éstas hemos prescindido, primero, porque quedan compensadas con el aumento del número de Observatorios y seculares, y segundo, porque, realmente, no las creemos necesarias.

4.º Red de tercer orden, constituída por una estación cada 500 kilómetros cuadrados, es decir, unas 1.000 estaciones.

Si comparamos esta densidad con la de los Mapas modernos europeos, vemos que es inferior a la de todos ellos y vamos a ver cómo subsanamos esta inferioridad.

El número dado por Cubillo es suficiente para terrenos normales; es decir, para aquéllos en los que las líneas isomagnéticas sigan una marcha regular y los gradientes respectivos sean uniformes, pero la consideramos deficitaria en los terrenos afectados por anomalías en los que ocurre todo lo contrario del caso anterior.

Las hojas del Mapa nacional de España comprenden, como sabemos, diez minutos de meridiano y veinte de paralelo y su extensión es de 492 kilómetros cuadrado en el Norte y 547 en el Sur, o sea, un promedio de 520 kilómetros cuadrados, por lo tanto con una estación por hoja quedará cumplimentado lo propuesto por Cubillo, y será lo que adoptemos en las regiones magnéticas normales.

Y ahora sí que nos va a ser útil el Mapa que tenemos, y que nos servirá como croquis del proyecto del nuevo.

Observamos en él, sobre todo en el mapa de isógonas, que hay una zona que podemos limitar por el W. con la frontera portuguesa, por el N. por el paralelo 41º 31'; por el E., por el meridiano 1º 30', E. de Madrid, y por el S. por la separación de las zonas que hemos asignado a los Observatorios de Almería y de Buenavista, y luego por una línea oblicua que corta a la frontera portuguesa a 37º 30' de latitud N. En esta zona las curvas magnéticas siguen marcha normal, casi equidistantes, y aunque tengan algunas inflexiones son amplias y de forma regugular como se comprueba en la lámina 1.ª.

Estas mismas características tienen las de Portugal en las proximidades de la frontera española, según indica el trabajo del Sr. Ferraz Carvalho que comentamos al principio.

En cambio, en el resto de España, al N. E. y Sur de las líneas antes citadas y también en las fajas costeras del S. E. de Portugal, las líneas isógonas siguen marcha completamente irregular con variaciones bruscas que indican gradientes muy irregulares. Estas zonas, en los Pirineos, Levante, Mediodía y Poniente, corresponden a las zonas sísmicas y también a las de las anomalías gravimétricas.

Lo que hemos deducido del Mapa Magnético de 1924,0 nos lleva a dividir el que proyectamos en dos partes en cuanto a la densidad de estaciones. En la zona central nos limitaremos a una estación por hoja el Mapa y, como puede verse en el plano del proyecto, situaremos las estaciones en el centro de las hojas de un mismo paralelo y en los bordes de las hojas en las correspondientes a los paralelos contiguos, pues de esa manera se compensa el alargamiento de las hojas en sentido zonal y las estaciones vienen a formar triángulos no muy distintos de los equiláteros que en las hojas de la latitud media de España tendrán unos 28 kilómetros en sentido del paralelo y unos 23 en sus otros dos lados.

En la zona periférica, en la que necesitamos mayor número de estaciones, supondremos dos estaciones por hoja: una, en el centro, y otra, en el borde, con lo que tendremos una cuadrícula rectangular que en las hojas de latitud media, tendrán unos catorce kilómetros en sentido del paralelo y unos dieciocho en el sentido del meridiano; magnitudes muy de acuerdo con las preconizadas en los mapas modernos para las redes de tercer orden.

Para sujetar mejor las curvas en la frontera portuguesa se pondrán también a densidad doble todas las hojas lindantes con ella.

Es inútil decir que el emplazamiento que hemos dado a las estaciones es sólo una aproximación teórica y que la realidad del terreno y sus circunstancias serán las que, en definitiva, marquen su situación siempre dentro de las normas dadas.

Número total de estaciones

Hecho el recuento en el proyecto, resultan por zonas:

	Observatorios	Seculares	Normales
El Ebro	1	9	387
Logroño	1	5	386
Toledo	1	6	256
Almería	1	4	233
Santiago de Compostela	1	4	227
Coimbra (en España)	1	1	36
Villafranca de los Barros	1	2	138
San Fernando	1	1	102
Total	8	32	1.765

o sea, en total, en España, prescindiendo de Coimbra, 1.804 estaciones entre los tres órdenes, o sea, una por cada 280 kiló-

metros cuadrados, número que, comparado con el de los Mapas modernos, nos parece muy aceptable.

Los instrumentos usados para estas estaciones de tercer orden serán el declinómetro y los magnetómetros La Cour, Q H M y B M Z, todos ellos debidamente comparados con los magistrales de Buenavista (Toledo) y del Observatorio en cuya zona se trabaje.

Designación de las estaciones

No es lógico ni cómodo el darles el nombre de los términos municipales para buscarlas en el Mapa, aparte de que no sería difícil que un término municipal grande, y en España los hay, tuviésemos más de una, y, por ello, preferimos representarlas por un número que nos dé idea de su situación dentro de la cuadrícula de hojas del 50.000 y del Observatorio a que están referidas, y a este efecto las designaremos por un número de cinco cifras, de las cuales la primera indicará el Observatorio, a los que numeraremos por el orden natural de izquierda a derecha y de Norte a Sur del Mapa, y serán:

1 Santiago de Compostela.
2 Logroño.
3 El Ebro.
4 Coimbra.
5 Buenavista (Toledo).
6 Villafranca de los Barros
7 San Fernando.
8 Almería.

Las tres cifras siguientes serán las centenas, decenas y unidades de la hoja del Mapa; bastan esas tres cifras, porque aunque las hojas del terreno peninsular y de Baleares son 1.078, es evidente que aunque no se pongan los millares no puede haber confusión por el número del Observatorio, ya que no puede confundirse una hoja que pertenece a San Fernando o a Almería con las de Santiago, Logroño o El Ebro.

Por último, se pondrá una quinta cifra que indicará aproximadamente la situación dentro de la hoja y que puede ser:

1.—Parte ⟶ N. W.
2.— » ⟶ N. - centro
3.— » ⟶ N. E.
4.— » ⟶ Centro - W.
5.— » ⟶ Centro
6.— » ⟶ Centro - E
7.— » ⟶ S. W.
8.— » ⟶ S. - centro
9.— » ⟶ S. E.

Con esta anotación la estación 10.555 estará, sin duda, en la parte central de la hoja 55 perteneciente a la zona de Santiago de Compostela, y, en cambio, la 80.558 está en la parte S. y central de la hoja 1.055 de la zona de Almería.

Duración del levantamiento

Las 1.800 estaciones que entre seculares y de tercer orden hay que observar, debemos suponer que, entre repeticiones e incidencias, se elevarán prácticamente a 2.000 y es preciso realizar este levantamiento en CINCO AÑOS, pues no hay que olvidar la importancia que actualmente se da a este factor, debiendo recordar que en Alemania, como dijimos, se intentó por las eminencias en esta Ciencia hacer el levantamiento en UN SOLO AÑO.

Es preciso, repetimos, no superar el plazo antes fijado, lo que exigirá intenso trabajo de campo y gabinete para hacer las cuatrocientas estaciones con sus necesarias comparaciones en Observatorios.

Marcha que se debe seguir

Si no tuviéramos Mapa magnético y sí estuvieran en marcha todos nuestros Observatorios, era evidente que, con ellos y las estaciones seculares, obtendríamos un primer levantamiento que nos permitiría trazar las líneas isomagnéticas en escala pequeña, de igual modo que la red geodésica de primer orden nos permite obtener un Mapa análogo de un país. Luego iríamos repartiendo las estaciones de relleno por todo el país de modo uniforme, primero con densidad pequeña y podríamos tener otro Mapa a mayor escala, y, por fin, con la densidad total y a la escala necesaria.

Nuestro caso no es ese. Bueno o malo tenemos Mapa, y eso nos aconseja seguir el procedimiento definitivo de una sola vez.

Puesto que los Observatorios de El Ebro, Buenavista y San Fernando están en plena marcha, parece que podíamos empezar inmediatamente el relleno de sus zonas, y con las variaciones de su Observatorio base hacer el trazado de las líneas magnéticas de modo independiente.

Como un primer avance se puede hacer, y ver en seguida el fruto de nuestro trabajo; pero hay que tener en cuenta que como luego hemos de reducir las observaciones a una época común, consideramos necesario para empezar una zona que estén en funcionamiento los Observatorios colindantes.

Por ello es nuestro propósito que estén en funcionamiento Logroño y Almería, cuya construcción se terminará este año, para empezar la zona de El Ebro, cuya publicación se hará, como hemos dicho, en forma independiente, pero empezando ya a tener los datos de reducción a la época común, estableciendo ecuaciones isopóricas de primer orden con datos de El Ebro, Buenavista y San Fernando.

En el momento en que termine la instalación de Villafranca de los Barros, se harán las zonas de Almería y de San Fernando.

La reanudación de la actividad en Coimbra permitiría terminar la zona de Villafranca de los Barros y, por último, una vez Santiago de Compostela en marcha, se haría el levantamiento de Buenavista (Toledo), Logroño y Santiago, terminándose así el Mapa Magnético Nacional de España.

Como hemos dicho con los tres Observatorios actuales de El Ebro, Buenavista y San Fernando, se pueden obtener ya ecuaciones isopóricas de primer grado que sólo necesitan tres coeficientes y estarán, por lo tanto, estrictamente determinados.

Al poner en servicio Logroño y Almería tendremos que seguir con isopóricas de primer grado calculadas por mínimos cuadrados, por tener ya exceso de determinación y, desde que se tengan seis Observatorios, podremos pasar a las de segundo grado, que cuando tengamos los ocho se calcularán también por mínimos cuadrados, con lo que tendrá el Mapa de España base

sumamente sólida no sólo para corregir las observaciones de campo y reducirlas a una época común, sino para prolongar con máxima garantía y sólo con medios propios la vida de nuestro plano, sin más que nuestras observaciones y las estaciones seculares previstas.

Fecha de ejecución

Nuestro deseo, coincidente, como hemos visto, con opiniones más autorizadas que la nuestra, es empezar la observación inmediatamente, pero aparte del tiempo que necesitamos para el normal funcionamiento de Logroño y de Almería, hay que tener en cuenta un factor de suma importancia.

Es criterio universalmente seguido que los levantamientos deben llevarse a cabo en las épocas de tranquilidad magnética, coincidentes con los mínimos del número de manchas solares que tienen lugar cada once años. No sólo es lógico hacerlo así porque esos mínimos representan mejor la normalidad del vector magnético, sino que también porque por ser menos frecuentes e intensas las tormentas magnéticas, hay menos probabilidades de tener que repetir observaciones de estaciones perturbadas por esas tormentas.

El mínimo anterior del número representativo de manchas solares ocurrió en 1944; luego el próximo será el del año 1955, y esta época debe ser la central del plano que debe empezarse en 1952, para terminarse en 1957, y a este plan creemos que se debe sujetar toda la organización, si bien es preciso que los Observatorios funcionen cuanto antes.

Hay otra circunstancia muy interesante para fijar la época de un Mapa magnético, y es la de las irregularidades de la variación secular por la migración de los centros isopóricos, pero creemos que dada la densidad de nuestros Observatorios, este detalle no tendrá gran importancia.

Observaciones

No hemos intentado ni aspirado hacer un proyecto completo del Mapa Magnético de España, sino solamente sentar unas bases para llegar a él, y son, por lo tanto, muchos los puntos que hay que estudiar concienzudamente antes de llegar a una organización completa.

Queremos, sin embargo, hacer presente que estimamos necesario que los observadores de campo, además de los magnetómetros necesarios, lleven balanzas de intensidad vertical y horizontal o, por lo menos, las primeras, que puesta en estación durante la observación y a la máxima sensibilidad comprueben si hay o no tempestades magnéticas que puedan perjudicar las observaciones.

En las estaciones seculares que, como hemos dicho, deben observarse por el procedimiento de absolutas, con las mismas balanzas o con los magnetómetros La Cour Q H M, deben hacerse alrededor de la estación y en puntos que la circunden seis u ocho observaciones que comprueben que el terreno puede considerarse uniforme magnéticamente en la estación considerada.

Los operadores de campo deben ir provistos de aparatos receptores de radio para la corrección de sus cronómetros necesarios para la determinación del Norte astronómico por alturas o por horario del Sol, y también para recibir los ursigramas que emite la estación radio transmisora de Pontoise a veinte horas (T. U.) y que dan el carácter magnético del día y perturbaciones más importantes deducidas de los registros del Observatorio de Chambon-la-Forêt, aunque es nuestro proyecto el que el de Buenavista (Toledo) sea el que dé esta información por radio deducida de sus propias observaciones.

Por último, estimamos indispensable que las brigadas de campo están provistas de automóvil para el transporte del abundante material que ha de constituir su equipo, y para que las observaciones se hagan con la rapidez que el intenso trabajo previsto requiere.

CONCLUSIÓN

Quedan a nuestro juicio fijas las bases para que España tenga un Mapa magnético digno de su importancia científica y del momento actual, y que será el punto de partida para que después se estudien las zonas que él mismo indique con fines de prospección o de coordinación con las demás Ciencias, especialmente la Geología, Sismología y Gravimetría.

El prestigio del Instituto Geográfico y Catastral de España y el cariño con el que acogió los proyectos de mi ilustre antecesor señor Cubillo, nos aseguran que el presente, debidamente perfeccionado, será realizado en el plazo prevenido.

Mayo de 1950.

El Presidente destaca la significación de este trabajo anterior y, singularmente, el carácter de continuidad que el mismo tiene, ya que se trata de proseguir, referido al momento actual, un trabajo que ya tuvo su iniciación en el anterior Congreso de Ingeniería.

Aprobadas las conclusiones del trabajo presentado por el Sr. Rodríguez Navarro, el Sr. Presidente concede la palabra al Sr. García Escudero que, como Presidente de la Ponencia sobre "Enseñanza Técnica en todos sus grados", pasa a exponer ante la Sección el dictamen que la misma ha elaborado.

Explica el Sr. García Escudero la razón de ser de la Ponencia y cómo la misma ha llegado a realizarse. Manifiesta que fué el Presidente primero de ella, el General Rubí, al que recuerda con cariñosas y sentidas frases. Hace después elogio de sus restantes componentes, a los cuales nombra para que por la Sección pueda estimarse su destacada personalidad. Entra a

continuación en el fondo del tema e indica que desde hace tres meses la Ponencia se reunió ininterrumpidamente para estudiar el asunto, considerando los problemas expuestos con el mayor cuidado. Explica por qué la Ponencia no ha creído pertinente llegar a conclusiones definidas, lo cual dice que es obligado por tratarse de tema tan discutible, opinable y de tan difícil interpretación en los momentos actuales. Manifiesta que la Ponencia estimó pertinente presentar un dictamen que fuese denominador común de todas las opiniones que en la misma se han reflejado, a fin de evitar votos particulares que sin aportar nada substantivo difícilmente orientarán la labor del Congreso. Entra después a considerar el primero de los puntos de que la Ponencia trata sobre Reorganización total de la enseñanza técnica, y dice a este respecto que la Ponencia consideró desde el primer momento el problema que el gran número de aspirantes a la carrera de ingeniero representa, tema que está en la calle y que no es sólo español, sino que igualmente se extiende a todos los países. A este respecto cita el caso de la Escuela de Nancy y del Instituto Politécnico de Zurich, y argumenta también con el caso de las escuelas americanas, que se trata de uno de los problemas que más ha preocupado y en relación con el cual la cuestión primera que la Ponencia propone sobre reorganización total de la enseñanza técnica es punto de vista equilibrado y que acertadamente interpreta la situación peculiar de nuestro país.

Manifiesta su criterio de que cualquier solución debe tener presente que el alumno ha de ascender de los grados inferiores a los superiores, pero no descender, ya que esta última forma de evolución crea un espíritu del individuo con complejo de difícil eliminación.

La eliminación de este complejo es, dice, de las principales preocupaciones que tuvo la Ponencia en este punto y que quizá pudiera evitarse con la conclusión a que se está refiriendo.

Pasó a continuación a estudiar la segunda conclusión, sobre el Bachillerato para ingenieros. Destaca la imposibilidad de admitir una duración de siete años para el Bachillerato, como actualmente ocurre, ya que con ella y con los años de preparación y carrera no es posible llegar a conseguir ingenieros que tengan menos de veintisiete o veintiocho años cuando terminan la carrera; ingenieros, dice, que a esta edad salen en muchos casos con obligaciones que les impiden tener el período postescolar necesario para que el ingeniero se forme como debe ser.

A continuación se refiere a la tercera conclusión, sobre la enseñanza en su grado superior, y estima que debe hacerse una afirmación concreta sobre la necesidad de que el ingeniero conserve en España el actual rango superior que tiene.

Pasa a estudiar la preparación para el ingreso en las Escuelas de Ingenieros, y cree que en este punto la Ponencia ha concretado una de las cuestiones más esenciales, cual es la de supresión de exámenes parciales, a fin de que no se cree un núcleo de aspirantes que por haber aprobado algunos exámenes parciales dedique a su ingreso un número exagerado de años sin buen éxito final. En este aspecto se refiere también a la vocación, y destaca la incongruencia que representa el que en los momentos presentes los aspirantes de ingeniero se matriculen con carácter indistinto en todas las Escuelas de Ingenieros, sin preocuparles los fines y la especial naturaleza de la profesión que terminan por adoptar.

En lo que respecta a la enseñanza en las Escuelas, diferencia completamente la enseñanza de la Ingeniería de la Universitaria. El ingeniero, dice, ha de aplicar sus conocimientos, y por ello debe conservarse por todos los medios el actual sistema de enseñanza con número limitado de alumnos, como condición esencial para progresar, ya que, de otra forma, bajaría el nivel científico del ingeniero por el desconocimiento práctico de los problemas que en la vida real ha de resolver.

Trata de la autonomía de las Escuelas, y considera las grandes ventajas de la misma. Se refiere después a la enseñanza en el grado medio, problema de los más difíciles y de más compleja solución por la diferencia tan señalada entre los diferentes grados medios correspondiente a las distintas especialidades. En lo que respecta a los grados inferiores nada nuevo se añade a lo ya manifestado por la Ponencia ya que, dice, se trató con toda amplitud en la sesión anterior de la Sección.

Termina refiriéndose a las normas coordinadoras que la Ponencia propone, diferenciándolas en dos clases, verticales y horizontales, destacando su interés, y manifiesta la conveniencia de que el título de ingeniero sea libre, y destaca el singular papel que ello tiene para el progreso de la Ingeniería.

Como conclusión de todo lo indicado, expone que la Ponencia, cuyos autores se mencionan

y cuyo texto se reproduce a continuación, no da soluciones concretas, sino que solamente apunta ideas y plantea problemas.

Propone se forme una Comisión dentro del Instituto de Ingenieros Civiles que, completada con las personalidades que se estiman pertinentes, estudie a fondo cada uno de los problemas que el dictamen de la Ponencia toca para, en su día, elevar a los Poderes públicos una conclusión detallada sobre el particular.

La acabada exposición del Sr. García Escudero, que fué seguida con gran atención, fué premiada a su final con gran aplauso.

AUTORES DE LA PONENCIA

PRESIDENTE: D. José Rubí Rubí, Ingeniero Naval (1).
SECRETARIO: D. Adelardo M. de Lamadrid, Ingeniero Industrial.
VOCALES: D. Juan Marcilla Arrazola, Ingeniero Agrónomo.
D. Ramón Garrido Domingo, Ingeniero Agrónomo.
D. José M.ª Soroa Pineda, Ingeniero Agrónomo.
D. José Aguinaga Koller, Ingeniero de Caminos.
D. Manuel Aguilar López, Ingeniero de Caminos.
D. Guillermo Krahe Herrero, Ingeniero Industrial.
D. Manuel Velasco de Pando, Ingeniero Industrial.
D. Antonio Marín Hervás, Ingeniero de Minas.
D. Wenceslao Castillo Gómez, Ingeniero de Minas.
D. Juan José Miraved del Valle, Ingeniero de Minas.
D. Félix Gallego Quero, Ingeniero de Montes.
D. Felipe Garre Comas, Ingeniero Naval.

(1) Con motivo del fallecimiento del Excmo. Sr. D. José Rubí Rubí, fué nombrado en su substitución en la Presidencia el Excmo. Sr. D. Pío García Escudero, Conde de Badarán.

GRUPO IX
SECCIÓN ÚNICA

La enseñanza técnica en todos sus grados

(PONENCIA)

El tema de la enseñanza técnica, delicado y complejo tiene multitud de facetas que hacen incurrir, con frecuencia, en errores al enjuiciar aisladamente algunos de sus aspectos. La crítica negativa, señalando defectos, es más fácil que la labor constructiva y reformadora. Sin embargo, como consecuencia del estudio de este tema en Congresos y Asambleas unas veces, y otras por iniciativa de las Escuelas, se han ido introduciendo en la enseñanza diversas reformas, muchas de las cuales han demostrado en la práctica ser beneficiosas para la formación cultural y la elevación del nivel científico de nuestros ingenieros, nivel que nadie pone en duda.

En la actualidad la crítica se centra en la enseñanza de la Ingeniería alrededor de un hecho que tiene mucho de artificioso y no es imputable a las mismas Escuelas ni a los profesionales de la Ingeniería.

El hecho acuciante, indiscutible y único que ven el país y la opinión pública, es el de la multitud de jóvenes que, aprobado el examen de Estado y con un mínimum de diecisiete años de edad, se orientan hacia las carreras de ingeniero desdeñando otras profesiones y los grados inferiores de la técnica. Esta muchedumbre es hoy cinco o seis veces mayor de lo que era hace pocos años y a pesar de la ampliación del número de plazas que se ha hecho en casi todas las Escuelas de Ingenieros, es elevado el número de aspirantes que no logran ingresar en un plazo prudencial y, sin embargo, insisten en su pretensión perdiendo, estérilmente, seis, siete y hasta ocho años y empleando esfuerzo y tiempo que hubieran sido más fructíferos para ellos y para el país si se hubieran orientado en otra dirección más de acuerdo con sus condiciones y aptitudes.

El número de pruebas que sufren los aspirantes fracasados y el de años que las reiteran con idéntico resultado negativo, ponen claramente de manifiesto que, por lo general, sólo dejan de ingresar aquellos que carecen de la aptitud requerida para esta clase de estudios, lo que echa por tierra la argumentación que suele hacerse desde la calle y que atribuye al rigor de los exámenes de ingreso en las Escuelas de Ingenieros, la existencia de muchos talentos fracasados. Por el contrario, cuando algunas veces se han suavizado algo las pruebas de ingreso, la experiencia ha demostrado en los alumnos una insuficencia de condiciones que les ha impedido continuar con fruto sus estudios y alcanzar el título apetecido.

Ahora hemos de preguntarnos con sinceridad si esta afluencia a las carreras de ingenieros responde a una necesidad de técnicos superiores de la Ingeniería, requerida por el adelanto de las actividades económicas; si responde sólo a un estímulo cultural para dedicar los esfuerzos en bien de la Economía Nacional confiando en las propias fuerzas y sin la reserva mental de que el Estado proveerá, a la terminación de la carrera, con un puesto bien retribuído a su servicio. Creemos que es una realidad la contestación negativa a ambas preguntas. No ha de olvidarse que algunas Escuelas de Ingenieros son todavía Escuelas oficiales de formación de los técnicos superiores para el servicio del Estado, y muchos de los que afluyen hoy a estas Escuelas son atraídos por esta providencia que todavía brinda el Estado a quienes en ellas concluyen sus estudios.

No creemos necesario insistir más en los aspectos del problema apuntado que se planteó esta Ponencia de modo preferente al iniciar sus trabajos, aún cuando luego, al estudiarlo y detallarlo, ha surgido en ella la preocupación sobre la conveniencia de disponer de un personal, de menor nivel científico y más rápida formación que el ingeniero, útil para muchos puestos técnicos que pudiéramos llamar de funcionamiento o explotación y cuyos individuos más destacados tuvieran la posibilidad de continuar sus estudios hasta alcanzar el grado superior de ingeniero.

A tal fin, se ha estudiado a grandes rasgos un plan escalonado de enseñanzas en el que se tenían muy en cuenta los aspectos vocacional y de habilidad específica de los candidatos; pero tal reforma de la enseñanza técnica, superior y media, habría de abarcar todos los aspectos del problema y sería algo tan radical que no puede abordarse sin haber creado antes un ambiente favorable, un clima propicio, fuera y dentro de las profesiones. En

estas últimas es muy probable que casi existan tantos criterios como individuos, pues, como dijimos al principio, los defectos se ven con más facilidad que los remedios.

La Ponencia toca de cerca esta disparidad de criterios y por ello, para no presentar con sus conclusiones muchos votos particulares, ha redactado unas líneas generales agrupadas en bases para presentarlas a este segundo Congreso Nacional de Ingeniería; son las que siguen:

I

REORGANIZACIÓN TOTAL DE LA ENSEÑANZA TÉCNICA

Es necesario estudiar la posibilidad y conveniencia de organizar estas enseñanzas de modo que, sujetándose a un plan escalonado, comiencen por una formación de marcado carácter práctico y lleguen, a través de grados intermedios, a alcanzar el más elevado nivel científico. La Ponencia entiende que esta reorganización requiere un estudio profundo no sólo por la importancia en sí de la modificación, que exige un ambiente propicio a alteración tan radical en las bases sobre las que está cimentada la enseñanza técnica actual, sino también por los grandes medios económicos que exigiría su implantación.

II

EL BACHILLERATO EN LAS PROFESIONES TÉCNICAS Y, MÁS CONCRETAMENTE, EL BACHILLERATO PARA INGENIEROS

El problema de la segunda enseñanza en general, que acaso puede parecer a primera vista de poca importancia al enfocar los que atañen a las carreras de Ingeniería, la tiene extraordinaria, como lo prueba el que no haya habido Asamblea o Congreso en los que al tratar de la enseñanza técnica no se haya puesto de manifiesto de manera rotunda la necesidad de reformar el Bachillerato en armonía con las necesidades requeridas por una enseñanza técnica superior.

De ello hay constancia en las actas del I Congreso Nacional de Ingeniería (Sesión 10.ª, conclusión 2.ª), antecedente del que hoy celebramos; y en la más reciente Asamblea del Profesorado de Enseñanza Profesional y Técnica de octubre de 1945.

Es de lamentar que nada se haya hecho en este sentido y que siga planteado el problema todavía en los términos que antes.

El actual bachillerato único, tenido por solución armónica para todas las carreras universitarias y especiales, podrá tener, acaso, un valor efectivo como prueba de ingreso con su Examen de Estado para las Facultades Universitarias. Pero donde se requieren además unas pruebas especiales, como en Escuelas de Ingenieros, Academias Militares, etc., su extensión es dañosa por lo que retrasa la edad a que pueden dar comienzo los estudios de estas últimas.

No hay necesidad de insistir en razonamientos que están en el ánimo de todos, y esperamos que por fin se decida el Estado a dar solución a este problema extraordinariamente discutido ya.

Propugnamos el que se establezcan diferentes tipos de bachillerato, de modo que el que interesa para las carreras de ingenieros sea de duración no superior a cinco años y que abarque los conocimientos que una comisión propusiera tras circunstanciado estudio de la cuestión; reduciendo el campo de aquellas enseñanzas que luego han de ser objeto preferente de la preparación para ingreso en las Escuelas Especiales e intensificando, en cambio, el estudio de las Humanidades.

III

ENSEÑANZA EN SU GRADO SUPERIOR.—ESCUELAS DE INGENIEROS

El grado superior de la enseñanza técnica será el único que reciba la denominación de ingenieros. Aunque en el extranjero esta denominación ofrezca varios matices y graduaciones, se conservará el prestigio español del título de ingeniero, de rango universitario y doctoral, como se reconoce desde muy antiguo en la Ley Moyano de Instrucción Pública de 9 de septiembre de 1857 (art. 20) y en el mismo preámbulo del Decreto de selección de profesorado de Escuelas de Ingenieros, fecha 11 de enero de 1933.

PREPARACIÓN PARA LA ENSEÑANZA SUPERIOR

Si por reducción de la duración del bachillerato pueden empezarse los estudios de preparación a los dieciséis años, es perfectamente posible el que a los veinte el joven de capacidad adecuada para el grado técnico superior haya ingresado en una Escuela de Ingenieros, y aquellos que no lo hayan hecho se encontrarán en buena edad para cambiar el rumbo de sus estudios.

Las pruebas de ingreso se harán siempre en grupo único que permite de un modo mejor apreciar la capacidad y preparación de los candidatos; y a estos mismos y a sus familiares desvanecerles las ilusiones a que conducen los exámenes fraccionados.

En los cuestionarios de ingreso figurarán, asimismo, además de las matemáticas en el grado que hoy se exigen y que de ningún modo será disminuído, algunas materias de la especialidad que permitan contrastar en cierto modo la vocación y aptitud del candidato para la rama de Ingeniería de que se trate.

ENSEÑANZA SUPERIOR

La complejidad de la Ciencia y Técnica modernas exigen cada día mayores conocimientos a los ingenieros, y a tal efecto se introducirán en los planes de enseñanza las materias necesarias, aunque sea preciso aumentar ligeramente la duración de la carrera.

Es evidente que los estudios de Ingeniería requieren una enseñanza con reducido número de alumnos; de aumentarse considerablemente éstos, ha de preverse el aumento correlativo de profesorado y de los medios de enseñanza.

Deberá procurarse por todos los medios interesar a las entidades oficiales o privadas en el auxilio a la enseñanza; y para la mayor eficacia de este porpósito, las Escuelas deberán disfrutar de amplia autonomía, cuyas ventajas se han acreditado tanto en la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos que la viene disfrutando desde el año 1926, como en las Universidades, de concesión más reciente.

Estas enseñanzas que han de ofrecer modalidades muy diferentes, según las ramas técnicas de que se trate; en las pruebas para el ingreso se atenderá primordialmente a la vocación y aptitudes para el desempeño de la profesión y comprenderán, además, matemáticas elementales, varios dibujos y algunas materias afines a la profesión. Las enseñanzas dentro de las Escuelas respectivas tendrán carácter eminentemente práctico.

Se estudiará la posibilidad de que los mejor dotados del grado medio puedan continuar sus enseñanzas en el grado superior.

IV

GRADOS INFERIORES

Varias especialidades de la técnica sienten la necesidad de un personal técnico modesto que posea conocimientos tales que le permitan ser un auxiliar eficiente en la ejecución material de los trabajos. Sería exagerado aspirar a que existieran tantas Escuelas como localidades españolas, pero por el momento bastará poder comprobar en las Escuelas Superiores la capacidad técnica de aquél. Se sugiere la posibilidad de que a este grado de enseñanza contribuyan, no sólo el Estado, sino las corporaciones públicas y privadas.

V

NORMAS DE CARÁCTER GENERAL.—COORDINACIÓN

Las enseñanzas superiores, medias e inferiores, se organizarán en conjunto, detallándose los programas y planes de cada una de ellas para las diferentes ramas. La Escuela del grado superior ejercerá las funciones coordinadoras y de inspección.

Deberá existir, por otra parte, un organismo que sirva de enlace y contacto entre las diferentes ramas de la Técnica, en el cual estarán representadas las antedichas Escuelas Superiores.

Por la creciente demanda de técnicos para la industria privada, la enseñanza debe orientarse en el sentido de otorgar títulos eficaces tanto para el servicio del Estado como de la Industria. El título no otorgará, por sí sólo, el derecho a ingresar en los escalafones del Estado. Éste determinará, en cada caso, la forma y condiciones para ingresar a su servicio.

VI

BECAS

Deberán incrementarse los créditos presupuestarios para ayuda de los estudiantes necesitados, tanto durante los estudios de los grados intermedios y superiores, como para el ingreso en los mismos.

Abril 1950.

La presidencia, a continuación, propone que antes de discutir esta Ponencia se lea la comunicación presentada bajo el título "Enseñanza Técnica Aeronáutica", y así se realiza.

Seguidamente, el Sr. Vicente Mazariegos lee dicha comunicación, que se reproduce a continuación:

N.° 138. - Enseñanza técnica aeronáutica

Autores:

D. JOSÉ PAZÓ MONTES

Ingeniero Aeronáutico

D. TOMÁS DELGADO PÉREZ DE ALBA, D. MANUEL AVELLO UGALDE y D. CIRIACO VICENTE MAZARIEGOS

Ingenieros Industriales y Aeronáuticos

El trabajo de esta Ponencia se ha desarrollado paralelamente al que, en el Instituto de Ingenieros Civiles, ha efectuado sobre el mismo tema la Ponencia formada por los representantes de las Escuelas de Ingenieros que actualmente integran el citado Instituto.

La mayor parte de los acuerdos de ambas Ponencias son coincidentes, al menos en sus líneas generales, por lo que hacemos nuestro el texto de las resoluciones presentadas por la Ponencia número 13 del Congreso Nacional de Ingeniería a que antes hemos hecho referencia, y únicamente en algunos aspectos que no son recogidos en él, expresamos por separado nuestro criterio.

Para mejor relacionar ambos trabajos, seguimos en la exposición de éste el mismo orden que el adoptado por la Ponencia.

I.—REORGANIZACIÓN TOTAL DE LA ENSEÑANZA TÉCNICA.

Se impone esta reorganización, en primer lugar, por las razones expuestas en las conclusiones de la Ponencia núm. 13, y, en segundo lugar, por el aumento creciente en la necesidad de técnicos que el país precisa, y que aún es de esperar sea mayor en un futuro próximo, dados los planes de aplicación de la técnica en todos sus aspectos, que actualmente se desarrollan en España.

II.—EL BACHILLERATO EN LAS PROFESIONES TÉCNICAS, Y MÁS CONCRETAMENTE EL BACHILLERATO PARA INGENIEROS.

Esta Ponencia considera, como solución más sencilla y práctica, la adoptación de un bachillerato único para todas las carreras, y que tuviese, para los alumnos que deseen estudiar la carrera de ingeniero, una duración máxima de seis años, sin examen de reválida, puesto que luego han de ser sometidos a las pruebas de ingreso en las Escuelas Especiales.

Abarcaría el estudio de las Humanidades y la enseñanza de la primera parte de las materias que después ha de ser objeto preferente de la preparación para ingreso en las Escuelas de Ingenieros, con lo que el estudiante podría comprobar durante estos estudios su predisposición hacia la carrera.

El examen de reválida del bachillerato, sería de aplicación para aquellas carreras donde puedan considerarse necesarias dichas pruebas para su ingreso en las mismas.

III.—ENSEÑANZA EN SU GRADO SUPERIOR.—ESCUELAS DE INGENIEROS.

Coincide el criterio de esta Ponencia con el sustentado por la Ponencia núm. 13, en cuanto se refiere a este epígrafe, salvo en lo relativo a las pruebas de ingreso y a la duración de la carrera de ingeniero.

Estima esta Ponencia más eficaz, para la selección de los alumnos en el ingreso, dividir éste en dos Grupos; el grupo primero comprendería las matemáticas elementales y nociones de Física, y el segundo, las matemáticas superiores. Se harían por exámenes independientes las pruebas de las asignaturas de dibujos e idiomas.

Con el fin de evitar los graves perjuicios que representa el empleo de varios años para presentarse a las pruebas de ingreso, se propone limitar hasta los veinte años la posibilidad de aprobar el primer grupo, y hasta los veintidós la del ingreso total. Téngase en cuenta que con el bachillerato anteriormente indicado la edad para comenzar los estudios de ingreso estaría comprendida entre los dieciséis y diecisiete años.

La constante especialización que tiene lugar en las diferentes materias de cada una de las ramas de la Ingeniería, parece aconsejar la adopción de cursos de especialización que se desarrollarían después de terminada la carrera, con carácter voluntario, y con preferencia para los ingenieros que tuviesen alguna práctica industrial en las materias objeto del curso correspondiente. La aprobación de estos cursos se certificaría con la expedición de un diploma.

Suprimidas en la carrera asignaturas de especialización, su duración podría reducirse a cinco años.

ENSEÑANZA DE GRADO MEDIO

La propuesta de la Ponencia 13, podría completarse consignando que se exigiría el Bachillerato Laboral para poder presentarse a las pruebas de ingreso, con lo que la formación de los titulados sería más completa.

La duración de los estudios, dentro de las Escuelas, sería de tres años, tiempo que se estima suficiente para cursar las disciplinas correspondientes a este grado de enseñanza.

IV.—GRADOS INFERIORES.

Los grados inferiores de la técnica, cuya necesidad y formación plantea la Ponencia núm. 13 en su trabajo, entendemos deben de ser completados con cursillos de cada especialidad que se desarrollarían en las Escuelas de Grado Medio, al final de los cuales se expedirían los títulos correspondientes. Creemos que este procedimiento es más eficiente que la sola prueba de aptitud a que se refiere la citada Ponencia.

V y VI.—NORMAS DE CARÁCTER GENERAL—COORDINACIÓN.—BECAS.

Este Ponencia está completamente de acuerdo con cuantas sugerencias figuran especificadas en el trabajo presentado por la Ponencia del Instituto de Ingenieros Civiles.

En resumen, consideramos muy acertada la orientación de la Ponencia núm. 13 del Instituto a la que hacemos las sugerencias anteriormente indicadas, subrayando por su gran interés para la coordinación de los diversos grados de enseñanza las propuestas contenidas en sus epígrafes 5.º y 6.º, con los que estamos completamente de acuerdo.

Abril, 1950.

Terminadas estas lecturas la Presidencia concede la palabra al Padre Mariño, quien, tras elogiar a la Ponencia sobre "Enseñanza técnica en todos sus grados", se extiende en consideraciones en relación con el número de aspirantes fracasados en las Escuelas de Ingenieros, y concreta su punto de vista, bastante concorde con lo manifestado por el Sr. García Escudero en su exposición. Aprueba el bachillerato humanístico como base fundamental del ingeniero, y da su conformidad a algunos aspectos particulares de la Ponencia relativos al ingreso y al número de años que la carrera debe durar. Por último, se refiere a la enseñanza de la Ingeniería por las Órdenes Religiosas y Centros privados, no difiriendo en su punto de vista a lo manifestado por el Sr Ponente. Termina el Sr. Mariño su intervención pidiendo formar parte de la Comisión que se propone para estudiar el problema de la enseñanza dentro del Instituto de Ingenieros Civiles.

Hace uso de la palabra a continuación el Sr. Mendizábal para elogiar el punto de vista de la Ponencia, e igualmente lo hace el Sr. Zabalza para destacar la importancia que la enseñanza de la Estadística tiene, coincidiendo plenamente con el criterio sustentado por la Ponencia.

Por último interviene el Sr. Ortas, para enaltecer la enseñanza que se da en las Escuelas de Ingenieros y la destacada misión que las mismas realizan.

En nombre de la Ponencia contesta el Sr. García Escudero para desvanecer las dudas o erróneas interpretaciones dadas a sus palabras por algunos de los que intervinieron en el debate, y agradecer a su vez las numerosas adhesiones y elogios recibidos.

Terminada la discusión de la Ponencia, el Presidente de la Mesa, Sr. Artigas, interviene para aclarar y puntualizar conceptos y aunar opiniones, y resumiendo todo lo actuado de forma precisa, dando lugar a que la Sección se considere plenamente identificada con su interpretación y con la que ya es coincidente del Presidente de la Ponencia que acaba de discutirse. En vista de todo ello se acuerda:

Que en el seno del Instituto de Ingenieros Civiles de España se constituya una Comisión formada por los Directores de las Escuelas Especiales de Ingenieros con aquellas otras personalidades que se estimen más destacadas en el campo de la enseñanza técnica, para que sobre la base de la Ponencia como idea rectora se realice a la mayor brevedad posible un estudio acabado sobre el problema de la enseñanza técnica que a la Sección ocupa.

Por el sumo interés que tiene en relación con este acuerdo tomado por la Sección, a continuación va el texto íntegro del interesantísimo informe que en cumplimiento de lo dispuesto en la O. M. de Educación Nacional de 2 de octubre de 1950, emitió en 17 de marzo de 1951 la Comisión, posteriormente convertida en "Junta de Enseñanza Técnica".

Después del texto de este informe irán los de los trabajos números 136, 38, 182, 27, 186, 296 y 230, cuyos resúmenes fueron leídos por el Secretario de la Mesa de la Sección.

COMPOSICIÓN DE LA JUNTA DE ENSEÑANZA TÉCNICA

Escuelas Especiales de Ingenieros Industriales.

MADRID

DIRECTOR: D. Manuel Soto Redondo.
PROFESOR: D. Ernesto La Porte Sáenz.

BARCELONA

DIRECTOR: D. Patricio Palomar Collado.
PROFESOR: D. Rafael Garriga Roca.

BILBAO

DIRECTOR: D. Félix Ara Olarte.
PROFESOR: D Ignacio Muguruza.

Escuela Especial de Ingenieros de Minas.

DIRECTOR: D. Antonio Marín Hervás.
PROFESOR: D. Wenceslao Castillo Gómez.

Escuela Especial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

DIRECTOR: D. Manuel Aguilar, Conde de Casa Rul.
PROFESOR: D. Tomás García Diego de la Huerga.

Escuela Especial de Ingenieros de Montes.

DIRECTOR: D. Pío García Escudero, Conde de Badarán.
PROFESOR: D. Jesús Ugarte Laiseca.

Escuela Especial de Ingenieros Agrónomos.

DIRECTOR: D. Angel Arrúe.
PROFESOR: D. Enrique Giménez Girón.

Escuela Especial de Ingenieros Navales.

DIRECTOR: D. Felipe Garre.
PROFESOR: D. Rafael Crespo Rodríguez.

Escuela Especial de Ingenieros Aeronáuticos.

DIRECTOR: D. José Pazó Montes.
PROFESOR: D. Tomás Delgado Pérez de Alba.

Escuela de Ingenieros Textiles de Tarrasa.

DIRECTOR: D. Santiago Morera Ventalló.—Suplente: D. César Calleja.

Instituto de Ampliación de Estudios.

DIRECTOR: D. José Antonio de Artigas y Sanz.—Presidente de la Junta de Enseñanza Técnica.
PROFESOR: D. Adelardo Martínez de La Madrid.

Escuela Oficial de Telecomunicación.

DIRECTOR: D. Emilio Novoa González.
PROFESOR: D. Francisco Martínez González.

Instituto de Investigaciones Técnicas.

REPRESENTANTE: D. Eduardo Torroja Miret.
SUPLENTE: D. Luis Aldaz Muguiro.

Instituto Geológico y Minero de España.

REPRESENTANTE: D. Juan Manuel López de Azcona.

Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas.

REPRESENTANTE: D. Ramón Garrido y Domingo.
SUPLENTE: D. Miguel Benlloch Martínez.

Instituto Forestal de Investigaciones.

REPRESENTANTE: D. Ignacio Echeverria.
SUPLENTE: D. Manuel Prats.

Instituto Católico de Artes e Industrias.

REPRESENTANTE: R. P. Rafael Mariño.
SUPLENTE: R. P. Jorge Doetsch.

Escuela de Ayudantes de Obras Públicas.

REPRESENTANTE: D. Manuel Aguilar López.
SUPLENTE: D. Joaquín Serrano Tormo.

Escuela de Ayudantes de Montes.

REPRESENTANTE: D. Gonzalo Ceballos y Fernández de Córdoba.
SUPLENTE: D. Julio López Galindo.

Escuela de Peritos Agrícolas.

REPRESENTANTE: D. Eladio Aranda Heredia.
SUPLENTE: D. Aurelio Ruiz Castro.

Centro de Perfeccionamiento Obrero.

REPRESENTANTE: D. Guillermo Krahe Herrero.
SUPLENTE: D. Pablo Martí Guspert.

Institución Sindical de Formación Profesional "Virgen de la Paloma".

REPRESENTANTE: D. Nicomedes Palencia.
SUPLENTE: D Andrés Jaque Amador.

Escuelas Profesionales Salesianas.

REPRESENTANTE: R. P. Alejandro Vicente.
SUPLENTE: R. P. Esteban Ruiz.

Escuela de Peritos Industriales. Madrid.

REPRESENTANTE: D. Enrique Alfaro Segovia.
SUPLENTE: D. Pedro Albarracín López.

Informe de la Junta de Enseñanza Técnica

Excmo. Señor:

Tengo el honor de elevar a V. E. el presente escrito, que he redactado por acuerdo de la Junta de Enseñanza Técnica, para dar cumplimiento al apartado 3.º de la Orden Ministerial de 2 de octubre de 1950, modificada en cuanto a plazo por la de V. E. de 13 de diciembre del mismo año y por su oficio de 8 de febrero del corriente.

La disposición preceptuó a la Comisión —que iba a quedar convertida en esta Junta de Enseñanza Técnica— la entrega de un dictamen que habría de pasar a estudio del Consejo Nacional de Educación para ser elevado después a la consideración del Gobierno.

V. E. conoce el noble fervor con que nuestras sumidades de la docencia técnica nacional vienen congregándose estos meses, en busca del entendimiento óptimo del problema de educar a la juventud española en las aplicaciones de la Ciencia Natural; y para recoger el pensamiento de estos maestros no podía quien, como Presidente de la Junta, ha asistido a las deliberaciones, encontrar texto preferible al que guardase en sus propios términos las sucesivas y muy a menudo luminosas intervenciones orales de cada Vocal; es decir, las verdaderas actas de las sesiones que han sido revisadas y resumidas por actuosos Secretarios, gracias al concurso ejemplar del Instituto de Ingenieros Civiles de España y al también valioso del de Ampliación de Estudios e Investigación Industrial.

Pero de una parte el número de sesiones plenarias —con duración habitual de bastantes horas cada una—, que ha sido de veintiséis, y el de participantes en ellas de cincuenta y cuatro; y de otra, la competencia y entusiasmo creciente en la aportación de todos a las deliberaciones, han hecho que las actas llenen casi trescientas páginas, a pesar del general esfuerzo de concisión, de la cautela contra repeticiones y del constante prurito condensador de las referencias escritas. Es decir, que el comple-

jo método de trabajo colectivo, logrado en equipo numeroso, con la inapreciable eficacia viva del choque directo entre opiniones científicas, docentes y sociales, mantenidas libre, recta y fehacientemente por cada uno, ha exigido como precio una gran extensión de los textos autentificados, que si han de ser quizá de preciosa consulta para asesores y funcionarios encargados de elaborar ulteriores propuestas de preceptos positivos —y en nuestra opinión de una Ley de educación técnica como proclamación fundamental—, no pueden, sin irreverencia, presentarse en su propio volumen como el dictamen que exponga ante la Superioridad nuestro parecer.

Sin duda, para obviar esta dificultad, acordó unánimemente la Junta, ya más que promediado su trabajo, encomendar al Presidente, con el más amplio voto de confianza, precisamente la redacción del dictamen; y así, elevo cuanto sigue con el mayor respeto para V. E. y el mejor reconocimiento para todos los Vocales, deseando que mi síntesis puramente personal de esta concepción de la Enseñanza Técnica pueda ser considerada como una exposición propiamente epilogal, o sea, más que ultilogal, de las ideas generatrices, principios directores y metas sugeridas, que contienen los acuerdos formulados, juicios explícitos y pensamientos inspiradores, registrados como intervenciones nuestras, en el tomo de actas de la Junta.

* * *

La coyuntura de nuestra enseñanza técnica en el comedio del siglo.

Pido a V. E. su venia para evocar un recuerdo personal que juzgo ilustrativo en lo que he de exponer.

Cuando, a lo largo del año 1949, los beneméritos organizadores del II Congreso Nacional de Ingeniería tantearon diversos concursos, y entre ellos el del que suscribe, para la prevista Sección de *Investigación y Enseñanza*, me vi en trance de retraer mi modesta colaboración por creer que el urgente y radical problema de la Enseñanza Técnica no podía ser discutido constructivamente en las fugaces horas de trabajo que dejan libres, en el mejor programa de un Congreso, las obligadas solemnidades, salutaciones, visitas y banquetes. Estaba persuadido de que ni consagrando al tema la totalidad del tiempo atribuído a aquella manifestación cabía llegar a escuchar a los expertos, deliberar con los competentes y articular entre todos ante el Poder Público soluciones fundadas para la magna cuestión.

El fervor por la obra de los Ingenieros dirigentes les llevó a no dejar de insistir bondadosamente en su requerimiento; y deseoso, naturalmente, de secundarles, me entregué, al fin, a la esperanza de que, encontrando posible eco mi parecer en el de otros congresistas, se reconociese, con la urgencia e importancia del problema, la necesidad de dedicarse permanentemente a su estudio, después de terminados los actos del Congreso, durante el tiempo que el tema exigiese.

No sólo la totalidad de la Sección, sino la unanimidad del Pleno del Congreso, hicieron sucesivamente suya mi propuesta; y así, es el fruto de cinco meses de trabajo el que hoy podemos elevar al Gobierno.

* * *

Para advertir la actual coyuntura de la enseñanza técnica española, es de recordar que en la mitad ya corrida de nuestro siglo, centenarias las clásicas enseñanzas de nuestra Ingeniería, creó el Estado, con el carácter de nuevas especialidades de ella, la Textil, la de Telecomunicación y la Aeronáutica; nacieron y se desarrollaron Centros no oficiales, como el Instituto Católico de Artes e Industrias, y algún otro asimilable, y se abordó desde el Ministerio de Trabajo, Comercio e Industria, un Estatuto de la Enseñanza Industrial (1924) y otro de Formación Técnica Industrial (1928), creándose en el Ministerio de Instrucción Pública una Dirección General de Enseñanza Profesional y Técnica (1932).

Algo antes de aquella época dotó el Parlamento por segunda vez una investigación personal (1922) (la primera había sido dedicada, en 1910, al precursor español de la Automática, don Leonardo Torres Quevedo), y en el nuevo trabajo vino a insertarse una función docente que sirvió para iniciar la *Ampliación de Estudios* de postgraduados. En ella, a despecho de no haber llegado a acompañarse de dotación propia alguna, se formaron ya primeras figuras de las que nuestra Ciencia y Técnica tienen hoy.

El Alzamiento Nacional utilizó para su fin castrense los numerosos y excelentes elementos personales, instruídos en unas y otras instituciones; pero, acuciados en la guerra, y después de su terminación, los órganos del Poder Público, por las necesidades que afectaban al mayor número de jóvenes, se empezó por establecer un texto soberano para la nueva Enseñanza Media (1938), seguido de una Ley de Ordenación de la Universidad (1943) y otra Ley de Educación Primaria (1945); y aunque la nueva organización del Consejo Nacional de Educación había dado firme estructura en su Sección 4.ª a la posible unidad jurisdiccional de estas enseñanzas (1940) estableciendo en seguida una nueva selección del Profesorado de las Escuelas de Ingenieros (1941), y, además, se llevaron a término Asambleas Nacionales de Profesores de Docencia Superior y Auxiliar (1945 y 1947), no se llegó a plantear una Ley de Educación Técnica que, por tratar de materias de naturaleza tan específica y de poco tradicional coordinación, no era efectivamente aconsejable abordar sin que hiciesen sobre ellas un primer estudio riguroso y de fundamentos los consagrados de por vida a su ejercicio.

Hemos de agradecer los Ingenieros civiles españoles este deferente miramiento del Gobierno, no rozado siquiera cuando ya en 1940 se reorganizó la Ingeniería Militar, poseedora asimismo de estudiosos muy relevantes, pero cuya incidencia en la economía técnica nacional tiene, sin duda, alcance regular, distinto del de la directamente productiva. Y era de agradecer doblemente por percibirse de fijo desde las alturas, respecto al problema general de la Enseñanza Técnica, significativas manifestaciones sociales en el decenio 1940-50, entre los que nombraré dos de carácter mundial y dos propios de nuestro país.

Fueron las primeras una deslumbradora epifanía científica de la Física estadística, especialmente en la fisión del átomo y en los nuevos dominios de ondas (radar), y otra activísima impulsión, ya directamente técnica, en aviación, electrónica, celulosa, plásticos y aplicaciones micrológicas en los antibióticos.

Las del área nacional pueden resumirse así:

1.º En la Enseñanza Técnica Primaria. Al encauzar, desde hace diez años, el Poder Público las energías de los españoles hacia la reconstrucción nacional, los Ingenieros todos nos esforzamos en secundarle, y hemos logrado para España un innegable adelanto fabril. El estudio anual de la Renta de nuestro país muestra que el índice de la producción industrial ha ascendido,

desde 1940 a 1949, en un 28 por 100, si bien contrarrestado, desgraciadamente, por algún descenso en la minera y, sobre todo, en la agrícola. (Recordemos que el aumento correspondiente en esos años ha sido del 15 por 100 en Francia, 23 por 100 en Bélgica y 30 por 100 en Inglaterra.)

La arrolladora necesidad de mano de obra, al menos semicalificada, que esta expansión imponía, ha sido atendida por las Escuelas Elementales de Trabajo del Ministerio de Educación Nacional, las de Artes y Oficios, los Patronatos de Formación Profesional, las Organizaciones Sindicales, varias beneméritas instituciones religiosas y los Centros que las factorías han implantado, cumpliendo disposiciones oficiales, para la selección y formación de su propio personal con algún complemento de instituciones del Estado de Orientación Profesional. Se ha llegado así a un censo docente en la Nación de varios *centenares de miles de aprendices*, cifras que, logradas en un tiempo muy corto, abren al patriotismo perspectivas verdaderamente luminosas.

Pero es obvio que esta realización no podría, en ningún caso, dar su fruto en las Maestranzas hasta dentro de algunos años; y como el campo de intervención más directo desde la política social viene siendo la imposición normativa por el Estado de las reglamentaciones de trabajo, se ha debido hacer jugar en ellas denominaciones que causan derecho, a pesar de carecer hasta ahora de posible correlación con las aptitudes correspondientes calificadas por examinadores regulares.

Tal falta de la adecuación entre categoría laboral y rendimiento, que es fundamento preciso a la justicia distributiva, amenazaría ya con frustar de hecho la política social; pero si se observa que la consciente y airosa política energética de estos años ha llevado al Gobierno a multiplicar con urgencia nuestras fuentes de energía eléctrica y de combustibles, a pesar de negársenos los créditos exteriores y aun a trueque, por tanto, de haber desbordado la cuenta nacional de inversión, se advierte como inevitable la lancinante paradoja de que los salarios *reales* no hayan sido hasta hoy aumentados, sino reducidos por la política social (el índice general de precios ha pasado de 100 en 1940 a 173 en 1945 y a 382 a fin de 1950).

Obrador para llegar a liberarnos en los próximos años de esta situación grave ha de ser la expansión en la enseñanza técnica, no sólo extensiva, sino intensiva, en todos sus campos y grados.

2.º Menos angustiosa, aunque digna de cuidadoso estudio, es la coyuntura en la *Enseñanza Superior*. El Ingeniero y el Arquitecto salen en estos años de nuestras Escuelas con positivo aumento en su caudal científico respecto al adquirido en tiempos anteriores, y es, consiguientemente, visible el proporcionado auge en el aprecio que de estos jóvenes hace la economía de producción. Aumenta también el número de nuestros alumnos, que no podemos físicamente acomodar, y escapan a remo y vela del límite de nuestras dotaciones para laboratorio los presupuestos de las instalaciones de enseñanza de la nueva y costosísima Ciencia experimental. Y cuando parece que, conscientes del trance en que quedan nuestros Centros docentes, habían de alentarnos ante este gran problema nacional los medios de nuestra Sociedad ilustrada, sólo nos dedican una oscura y persistente difamación —cuya explicación parcial intento más adelante— contra los métodos de selección de aspirantes a nuestras carreras, con ataques más significativos por presentarse rigurosamente exentos de cualquier maledicencia alusiva a posibles flaquezas personales de los jueces de examen. Ocioso destacar que esta lamentable detracción, aun siendo difusa, desazona fuertemente a profesores y alumnos, ya que el origen de los arduos métodos de ingreso que unos y otros practican en las Escuelas está, hasta ahora, a su juicio, precisamente en el máximo sentido reverencial para la auténtica capacidad de cada individuo, que si la posee y hay posibilidad material de recibirle para enseñanza, ha de ser salvada dondequiera que se la descubra.

Un nuevo rasgo de interés ofrece también nuestra docencia superior, ya en el *ejercicio* de la carrera, que se diferenció siempre notoriamente entre Ingenieros y Profesionales universitarios, como Abogados y Médicos. La colación de grados en la Facultad, abocada casi invariablemente a la expedición de título académico, expedido por el Ministro, como verdadera fuente de derechos para su poseedor, con las correlativas obligaciones generales impuestas en la vida civil a los demás ciudadanos. No así en la Escuela especial, cuyo antiguo alumno tenía a veces, sí, el título *administrativo* cuando ejercía función pública, pero sólo excepcionalmente había de recurrir al título *académico* en sus trabajos privados sin conexión con aquélla. Tan vago e impreciso venía siendo el contorno del ámbito profesional para el *Ingeniero*, que esta misma voz se usó durante muchos años por extranjeros y nacionales, sin reconocimiento oficial alguno, y sin que surgiese colisión; posición inadmisible, por ejemplo, para un Abogado, y que quizá no era estorbosa a los Ingenieros de la vieja escuela, pero que parece agudamente ahora llamada a cancelarse, más que por inquietudes de los profesionales, por comezón de quienes avizoran con su íntegra atención el mañana al sentirse auténtica semilla del porvenir; es decir, de los alumnos y de las instituciones que afloran su aspiración de paralelismo con el Estado en nuestras docencias.

Congruente aparece al enfocar tales situaciones el recuerdo del II Congreso Nacional de Ingeniería a que he aludido. Entre sus numerosas conclusiones, sólo ésta relativa a la coyuntura de Enseñanza Técnica fué objeto de una decisión de supervivencia para el estudio inmediato y permanente del gran problema; acuerdo de acción singular que, votado en sucesivas deliberaciones, sin opinión alguna en contra, hasta su aprobación por los cuatro mil congresistas, prueba la consciente penetración que en los ambientes de responsabilidad se estaba ya imponiendo en torno a esta apremiantísima cuestión.

* * *

Planteamiento por los Ingenieros y Arquitectos del nuevo designio técnico de España.

En la conclusión acordada por el Congreso se formulaba la urgencia del estudio a fondo de la enseñanza Técnica en sus diversos grados, subrayando el de la formación obrera. La primera Comisión que para cumplir este acuerdo constituyó el Instituto de Ingenieros Civiles quedó integrada con Vocales designados por veinticuatro Centros, a los que se confería el pleno derecho de nombrar titular y suplente, pero evitando investir a éstos de carácter alguno representativo de intereses de las instituciones nominadoras. Incorporado un Vocal a la Comisión, su actuación había de ser la de un competente en estas docencias —a menudo una sumidad—, sin otro designio que el de aportar sus luces y experiencias, pronunciándose libérrimamente, al revi-

sar cualquier campo de la Enseñanza Técnica española, en el esfuerzo de elevarla cada vez más en su eficacia conjunta.

Por ello se decidió substituir las deliberaciones *hasta votación* (que podían implicar mayor inspiración de la voluntad) por análisis coloquiales *hasta optación* (que parecen corresponder más puramente a afirmaciones de representación intelectual). Las dos deudas sagradas que así identificaban a todo Vocal con cada uno de sus compañeros fueron estrictamente la integral sinceridad para formar y dar expresión a los juicios propios y el espontáneo esfuerzo para respetar y comprender los ajenos. Cuando V. E. se dignó reforzar esta Comisión con Profesores que los Claustros eligiesen libremente como más aptos para el tema, tuvo superior ratificación este criterio, dejando convertida la primera Comisión en la actual Junta.

De los cincuenta y cuatro participantes que quedaron en ella —por designación de Centros de la Iglesia, de Organizaciones Sindicales y de Instituciones de Investigación y de Enseñanza Técnica del Estado en sus diversos grados—, todos menos tres se honran con el título de Ingeniero o de Arquitecto. Quiere esto decir que la continua subordinación al superior interés patrio de cuanto ha podido implicar defensa, aun legítima, de las carreras como tales, les debe ser reconocida como ejemplaridad de general edificación.

Esta actitud ha permitido abordar el problema partiendo del puro terreno de la conveniencia nacional. Precisamente ahora hace cien años (30 diciembre 1850) que un discurso de Donoso Cortés derribó al Gobierno de Narváez con la acusación de *atender en exceso los intereses materiales de la Nación*. No dejó esta Junta de recordar este significativo antecedente para rendir su respeto a la misma cuestión previa.

Sin duda, no era preciso ser técnicos para afirmar resueltamente que en España ha de acompañar, sobre todo en nuestro tiempo, a la inspiración de María, la actuosidad de Marta. Todos sabemos que el frente más frágil de nuestra Patria está ahora en la producción, cuyos índices son todavía abrumadoramente patéticos. Trátese de hulla o de acero, de cemento o de energía eléctrica, no dispone cada español en estos bienes de dotaciones que representen un vigésimo de las de los hijos de los pueblos favorecidos, o un tercio de las que tiene el habitante tipo medio del Planeta, incluídos todos los países, aun los más primitivos o desheredados. Y como la actividad técnica y, en primer término, la expansión de su enseñanza, es la primera fuente del poder moderno para contribuir a que nuestro país se salve alcanzándola, reafirmamos hoy Ingenieros y Arquitectos la entrega de la voluntad hasta exaltar el imperativo productor en nuestra sociedad entera.

Enciende, además, nuestro entusiasmo hacia este impulso, la fe en una de las más firmes constantes nacionales y en uno de los nacientes y más trascendentales progresos de la Técnica.

Cuando España ha sufrido, en los últimos años una extensa e injusta agresión de ostracismo, hemos sentido el aura cálida de muchas naciones con las que formamos esa unidad de Cultura que acreditan las 19 Academias de nuestra Lengua que como idioma propio tienen otros tantos países independientes. Esos pueblos nos regalaron con su simpatía y nos ayudaron con su fuerza, correspondiendo en el fondo a entrañables sentimientos que desde la Península iban a ellos.

Los Maestros de la Enseñanza Técnica tenemos bien presente el hecho de que la densidad de población en nuestro territorio es, en números redondos, el séxtuplo de la media en el total de los países de nuestra misma lengua; sabemos que esta Patria Madre sigue su tradición secular de transfusora demográfica para los que hoy son Estados soberanos, puesto que todavía en 1950, en medio de los más extendidos y minuciosos entorpecimientos para la inmigración, han afluído a la otra orilla atlántica más de cincuenta mil hijos de España; y aspiramos a que en los nuevos años predomine en nuestra aportación copioso personal técnico calificado por haber hecho de esta tierra iniciadora y nutricia de la común cultura hispánica una verdadera matriz multiplicadora de prototipos, consagrada a la formación de jóvenes, nacidos en aquellos países o en éste, que refuercen socialmente a las naciones hermanas de menor densidad de población, o se destinen, en todo caso, a mejorar el nivel general de vida.

Un sensacional adelanto alienta, además, ahora nuestro fervor por formar a las inmediatas promociones de nuestra juventud estudiosa: el de la nueva Ciencia llamada Cibernética, que debemos a la gran Norteamérica sajona, tan esmaltada en su geografía de pura toponimia española, y cuyo primer libro fundamental ha sido escrito en la ciudad de Méjico. Sus prodigios anuncian para tiempos inminentes la Segunda Revolución, hecha en la Sociedad por la Cosmología. Si el vapor, la técnica mecánica y después la electricidad emanciparon con la primera Revolución Industrial, en el siglo XIX, a tan gran parte de la Humanidad del esfuerzo muscular, la Cibernética general, los servomecanismos y las máquinas de calcular van a liberar al hombre, en la segunda mitad del siglo XX, de la gran mayoría de su más acostumbrados esfuerzos mentales.

¿Qué mejor perspectiva para inflamar en el ánimo de los Profesores de Arquitectura e Ingeniería de España el ansia de generalizar la educación técnica hasta formar reservas humanas que levanten en los años próximos el nuevo mundo de nuestra cultura, de tanto ámbito geográfico y de tan gran porvenir de expansión demográfica?

Así puedo informar a V. E. de que al subrayar su excepcional deferencia, ofreciéndonos esperar nuestro dictamen, y al enlazarla con esta sagrada hora augural para la Técnica española, cuantos nos congregábamos en la Junta sentíamos el mismo afán y, casi iba a decir, el mismo noble orgullo de haber arrinconado toda idea de bien personal y hasta de legítimos cuidados profesionales; y elevo emocionado a su conocimiento que cuando, glosando yo a Gracián, y celebrando ver que «el entendimiento se adelantaba y el corazón no se quedaría», vine a confesar mi certeza de que para nosotros, ante la juventud y España, se eclipsaban el Profesor y la Carrera, y de que no habría que recordarnos que «quien se acodó de sí neciamente, no ha de sorprenderse de que los demás lo olviden discretamente, atronó nuestra sala el aplauso más cerrado y unánime que en todas las sesiones ha resonado en ella.

Nos hemos propuesto así revisar hoy la obra de la Enseñanza Técnica, para acercarnos a tres objetivos:

1.º Levantar nuestros índices de producción y consumo por habitante, tan distantes por causas inveteradas de los de los países de economía fuerte.

2.º Servir a nuestro potencial demográfico que en desquite de la indotación de bienes naturales mantiene aquí unidas las tasas mínimas de mortalidad de los pueblos nórdicos, con las

óptimas de natalidad en las aglomeraciones meridionales; y forjar copiosas reservas de personal técnico calificado que ofrecer a las naciones soberanas menos pobladas entre las que, con nosotros, constituyen en el mundo la comunidad de Cultura Hispánica.

3.º Adoctrinar a la flor de nuestra intelectualidad dedicada a las aplicaciones de la Ciencia Natural, para secundar en Cibernética la obra principalmente de Norteamérica y engrosar con los estudiosos de países de psicología común, el grupo que ha de abordar en las sociedades de nuestros respectivos territorios el delicado injerto de la Segunda Revolución Industrial, que así como la primera emancipó a los hombres de los más arduos esfuerzos musculares, empieza a liberarnos ahora de numerosos servicios mentales, dejando para la vida propiamente del alma y del pensamiento las crecientes posibilidades que este nuevo favor divino otorga a la Humanidad.

* * *

Perspectiva de la Enseñanza Superior.

La Orden ministerial de V. E., que nos encomendó este primer dictamen, nombraba expresamente las «Enseñanzas Técnicas Superiores». Es a estos grados, en consecuencia, a los que está dedicado el estudio actual. No obstante, hemos creído deber aludir panorámicamente, no sólo a los *Auxiliares de Ingeniería*, sino también a las *Maestranzas y Enseñanza obrera*, porque, sin perjuicio del cardinal interés que siempre unas y otras despiertan —por lo que esperamos que sean objeto de desarrollo ulterior—, surgía ya la oportunidad de considerarlas al describir las *Enseñanzas Superiores* y empezar su análisis lógico por la separación anunciativa de los negables, es decir, de lo que *no está* en ellos.

En el apartado reservado a *Maestranzas y Enseñanza obrera*, resumiré puramente las indicaciones relativas a sus confines con los Auxiliares de Ingeniería, ya que, a pesar de las sesiones dedicadas al vital tema, no ha podido terminar la ponencia este trabajo que queda desglosado del presente dictamen, cuyo objeto propio, en el que ahora entro, es el de la Enseñanza Técnica en sus *grados más altos*.

La Junta convino desde el primer momento en que la actualidad de revisión fundamental de nuestras carreras parecía incidir más directamente en el campo de la Ingeniería que en el de la Arquitectura, Arte Bella, primordialmente definida en España como actividad cuyo supremo rango compete a la Real Academia de San Fernando.

Ha sido así la Ingeniería la que ha absorbido en este aspecto la atención principal, y sobre ella la Junta estuvo unánime en fijar, con carácter general, *tres grupos* por encima del umbral de la Enseñanza Técnica elemental. Ciertamente, la unanimidad sólo subsistió para el número y para el grado inferior, puesto que en cuanto al contenido y denominaciones respectivas de los otros suscitaron los dos eminentes jesuítas designados por el Instituto Católico de Artes e Industrias una variante que sólo ellos subscribieron y que paso a recoger.

Estos dos Vocales, después de hacer constar que, aunque designados por este Instituto, no concurrían con personalidad alguna para deliberar sobre los problemas de Enseñanza en Centros de la Iglesia, acerca de los cuales, por otra parte, no tiene, en efecto, esta Junta competencia alguna, asintieron con todos a que el tercer grado se denomine genéricamente *Auxiliares de Ingeniería*, y a que en el presente dictamen no se entre en particularidad alguna respecto a las carreras existentes o futuras, propia de este tercer grado; y sostuvieron que los grados primero y segundo deben denominarse *Doctor Ingeniero*, o *Ingeniero*, con duración de carrera de dos o más años mayor en el primero, asemejándose uno y otro en las especialidades respectivas a lo que en la Enseñanza en Norteamérica, y más bien en Alemania, se ha simbolizado por *Dr. Ing.* y el *ingénieur* o *engineer*.

El resto de la Junta sostiene que las denominaciones en español deben ser *Ingeniero* y *Técnico de Ingeniería*, con la misma diferencia de duración en la carrera, correspondiendo, además, a formaciones que ofrecen diferencias con los de Norteamérica y de Alemania.

Se advierte como común a ambas tendencias una aspiración de ofrecer a nuestra economía técnica un nuevo y abundante censo de facultativos de carreras más cortas y de campo profesional más restringido, sin olvidar la necesidad de que un número menor, pero importante, pueda afrontar, aun a expensas de largos planes de estudios, como los actuales o acaso más, los puestos de dirección e investigación que las funciones públicas o la inspiración científica o general de las Empresas requieran.

Pero los Vocales, que forman mayoría, alegan fundadas razones para opinar que la idiosincrasia psicológica, social y económica de nuestro país, frustraría aquí la eficacia que en aquellas naciones tienen los principios docentes, muy acertadamente aplicados allí para ellos, en su carácter de primeras potencias industriales del mundo. Resumiré estas alegaciones.

* * *

El grado de Doctor.—Es general el deseo de que un número de estudiosos, con talentos adecuados, puedan dedicarse a profundizar los grandes problemas de la Ciencia y de sus aplicaciones, que son el manantial nutricio del progreso técnico. España, aunque con dotaciones económicas modestísimas, viene seleccionando hace años Ingenieros de las diversas especialidades civiles y militares, que siguen en Centro oficial, como postgraduados, la Ampliación de Estudios, y han conseguido ya en varios casos concretos personalidad máxima en los primeros organismos internacionales. Todos los Vocales de la Junta instan del Gobierno que tales dotaciones se refuercen, para que estos escasos adelantados lleguen a formar la pléyade que requiere la aportación científica necesaria a España. Mas, obsérvese que ni nuestros postgraduados —varios, francamente eminentes—, ni sus Profesores, han suscitado hasta ahora el problema de la colación de un grado de Doctor.

La explicación que dan de este hecho los Vocales que se sienten más pendientes de la idiosincrasia española por temer el malogro de las nuevas reformas, está fundada en el conocimiento de los términos en que efectivamente apareció el título de Doctor-Ingeniero. Es notorio que tanto Alemania como Norteamérica, que son los ejemplos invocados, declararon la substantividad de la Enseñanza Técnica Superior como independiente de la Universitaria. En el eje Este-Oeste, Friedrichsfelde-Schloss-Charlottenburg, sobre el que está construído Berlín, se levantan, distantes pocos kilómetros, la Universidad y la Primera Escuela Técnica Superior del país, con radical separación de la actividad de una y otra; y a distancia análoga, a lo largo de la orilla izquierda del

histórico Charles River, están en Norteamérica, en la misma relación de aislamiento, su primera Universidad, que es la de Harvard, y su máximo Instituto Tecnológico, que es el de Massachussets.

Ello es consecuencia de las específicas características que definen la auténtica enseñanza técnica, globalmente incompatibles con las que son propias de la enseñanza de Facultad. Cuando se observan los seculares hábitos docentes en Ingeniería —resolución sobre la marcha de problemas para la admisión a la prueba oral, partes diarios de clases con las calificaciones o faltas de cada alumno, registro del mínimo de horas semanales de discencia activa en clases prácticas, pérdida del derecho a examen de curso desde un quince por ciento de baja en el tiempo prescrito de asistencia en el año—, se podría decir, pensando en la producción, y si no pareciese una irreverencia para quienes cultivan las aptitudes intelectuales superiores, que en las Escuelas hay que lograr excelentes caballos de labor, mientras que en la Universidad lo esencial es que hayan ido saliendo lucidos caballos de carreras. Unos y otros son necesarios, porque si aquéllos dan el rendimiento, es sabido que la casta degenera sin el cruce con éstos: lo que no se puede hacer es formarlos juntos. Esta metáfora, sujeta a las naturales reservas y excepciones, expresa acaso una imagen pedagógica de interés.

Pero en pleno aislamiento entre Universidad y Escuela, llegó un instante en que el auge de la Técnica en el Segundo Imperio Alemán movió a sus poderes soberanos a realzar a los graduados en Ingeniería con el prestigio social del Doctorado, que hasta entonces monopolizaba la Universidad; y en 1900, al empezar este siglo, pudo anunciar Riell la nueva situación de la Enseñanza, como Rector Magnífico en la Konigliche Technischs Hochschule de Charlottenburg. El privilegio de exclusividad universitaria para la colación del grado había sido amovido; la Escuela Técnica Superior quedó autorizada para doctorar, por su parte, libremente, y sólo subsistió la distinción de que en las obras impresas en que coexistiesen caracteres góticos y latinos, se aplicasen precisamente aquéllos para las iniciales del grado de quienes de él se hubiesen recibido en las Instituciones Técnicas.

El creciente peso social de la Ingeniería ha hecho seguir a otros países el camino que Alemania inició; probablemente España está llamada también a tenerlo presente; pero nuestros Ingenieros, que, como expondré, no veían que la falta de título enervase la investigación, han preferido hasta ahora no suscitar este problema a la Universidad.

Ha de añadirse, y esto es muy importante, que tampoco el *ingenieur* alemán o *engineer* sajón corresponden al *ingeniero* español.

* * *

El grado de Ingeniero.—Es, por desgracia, frecuente trasplantar de una lengua a otra voces de etimología común, desentendiéndose de la conculcación semántica que con ello se comete. Todos comprendemos el desafuero que sería igualar los significados de nuestra voz *fiereza* y *fierté* francesa, o del *actual* británico y el *actual* nuestro, o el de aproximar el *artig* o comedido alemán, al *arte* o artista castellano. Son paragrafías y aun homografías entre idiomas que pueden llevar a verdaderos barbarismos lexicográficos. Uno de ellos es la identificación entre el *ingenieur* teutón o el *engineer* inglés y el *ingeniero* español, que, además de tosca mezcla, es casi una traición a la Verdad y a la Cultura nuestra por forzar el significado de un vocablo propio hasta confundirlo y suplantarlo por el de simple apariencia semejante en la Cultura extraña.

La etimología es, sin duda, común en las tres lenguas, y muy honrosa, ya desde el siglo cumbre del latín clásico (partícula *in* y raíz de *Gigno, genui, genitum*), *engendrar en.* Se atribuyó en España en el medievo al substantivo *ingenio* la noción de máquina al aparecer la pólvora en la Península —ya tarde (toma de Baza por los musulmanes)—, porque algo se *engendra,* en efecto, dentro de la máquina guerrera por la virtud del explosivo. Pero entonces se separó en nuestro idioma de esta acepción el vocablo *ingenio* y se usó para las máquinas y sus autores, los de *engeño* y *engeñeros.* No es difícil seguir también en la literatura inglesa la semántica de la voz *engin* hasta que al aplicar Fulton en Norteamérica el valor a la navegación, substituyó su *ingineer* o maquinista al *engineeman,* que es aún en Gran Bretaña la expresión correspondiente correcta.

Mas el uso formal de la palabra *ingeniero* aplicada a Facultativos que realizan obras y hornos, barcos y aparatos, poseyendo los principios teóricos de la Ciencia, no aparece en nuestro país hasta 1772, en una Ordenanza de Carlos III para el Cuerpo de *Ingenieros de la Marina.*

Obsérvese que la Dinámica de Galileo venía casi de dos siglos antes, el análisis cartesiano de siglo y medio, y la Gravitación de Newton y la Noción Química de Boyle de un siglo; y como éstos son los cuatro fundamentos de la *Scienza Nuova* o Ciencia Moderna, en la que España no había colaborado, se adivinarán las arduas peculiaridades que habrían de acompañar a nuestra rezagada incorporación a aquellas actividades nuevas que empezaban a dar la fuerza a las naciones sabias, todavía inferiores entonces a nosotros en territorio.

En la centuria larga que transcurre hasta la sensacional crisis que hacia 1900 amaga a la Ciencia por la Radioactividad y el Cuantismo, habían acentuado nuestra situación de retraso las ingentes conquistas del vapor de Watt, de la Química desde Lavoisier a Kekulé, de la Inducción de Faraday, del Positivismo experimental de Bernard a Virchow, del campo de Maxwell y de la Electrotecnia de Siemens (el motor), Bell (el teléfono) y Edison (el alumbrado). Más de cien años después de los éxitos de la Ingeniería textil inglesa con Wyatt y Paul, contamos ya al mediar el siglo XIX con cinco escuelas civiles de Ingenieros; pero va a ser bien explicable que las prácticas sociales y económicas para aplicar la Ciencia Natural en un país que llevaba tres siglos inhibido de ella, habrán de ser muy distintas de las ya usuales en los pueblos que habían creado esta Ciencia y sus aplicaciones.

Tuvieron la clarividencia los fundadores de nuestras Carreras de acentuar en la enseñanza española lo que en el Ingeniero es *Ciencia* sobre lo que en su Profesión es *Arte.* A distancia de los emporios industriales era de mayor rendimiento mental aprender aquélla que ésta; y desde hace una centuria, a despecho de nuestra postración económica, lograron las grandes inteligencias de Profesores y discípulos españoles ofrecer soluciones de diversas obras y aún de varias realizaciones fabriles que se impusieron al aprecio extranjero.

¿Cómo se llegó a este éxito? Es de recordar que el Instituto de Ingenieros Civiles no se creó hasta 1905, un siglo o siglo y medio después que las entidades correspondientes en las nacio-

nes fieles a la Cosmología; o sea, que el ingeniero autor de un proyecto o una empresa no podía contar aquí con concurso alguno organizado del conjunto de sus colegas unidos en institución profesional; mucho menos con los de otras carreras, estamentos o corporaciones ajenas a su actividad. En contraste con la multiplicidad de instituciones especializadas que en esos países —sobre todo hoy en Alemania y Norteamérica— brindan su consejo y concurso a todo el que trabaja, ante cualquier problema de bibliografía, de experimentación, de investigación o de puntual información estadística sobre los más diversos campos, nuestros medios sociales, distantes todavía de un sentido generalizado de la productividad, obligan aquí a cada realizador a asumir por sí, no sólo la casi totalidad de las funciones propias de su empeño, sino también las conexas y aun la mayoría de las incidentales que puedan comprometer la suerte del plan.

Por ello, desde el origen se diseñó la enseñanza de la Ingeniería en España como carrera ardua y larga, que había de comprender:

1.º Una profunda formación científica.

2.º Una instrucción extensiva en tecnologías *numerosas* para no detenerse ante las más diversas eventualidades que habrían de poner a prueba, en la práctica, el Arte personal de realizar.

3.º Una iniciación de aptitud general dirigente, o destreza de gobierno, para saber guiarse en el rumbo de la propia obra y coronarla y conservarla frente a dificultades económicas y sociales, y aun fiscales y administrativas.

La experiencia de varias generaciones ha ido confirmando en nuestros planes de estudios el contorno de estos tres grandes campos:

I. *Ciencia Natural* (Matemáticas, Física, Biología, con duración mayor que en las demás carreras superiores).

II. *Tecnología* (Topografía, Construcción, Máquinas, Hidráulica, Electrotecnia y todas las peculiares de cada Escuela).

III. *Aptitud dirigente* (Eoconomía Política y Social, Derecho aplicado, Administración, Psicotecnia, Organización, Historia del Trabajo, Estadística).

Todos los Ingenieros sabemos que sin la formación en cualquiera de los tres campos no habríamos podido, salvo rara excepción, responder en nuestro país al ejercicio de la carrera.

Se ve así que el Ingeniero español tiene una formación opuesta a la del especialista; y aunque no es raro que llegue a serlo, ha de forjar su dominio del detalle en la parcela escogida «a posteriori», es decir, ya en el ejercicio de su carrera. Esto hace que a pesar del desfase general en la Técnica, tengamos especialistas que logran la eminencia por haberse entregado a la intensificación cuando ya poseían madurez científica y pericia actuosa en grado óptimo.

Pero el rango reconocido desde su origen al Ingeniero entre las profesiones españolas responde, más que a su poder productivo en cada especialización, a su *elevada preparación general* y a la índole de su personalidad para interpretar a fondo la Ciencia Natural importada y aplicarla con visión de conjunto amplia y firme a los problemas nacionales de creación de riqueza económica y bienestar social. Este es un hecho no desmentido desde la Ley Moyano, que igualaba a todo Ingeniero con los Doctores en Ciencias en una u otra de las Secciones especiales de la Facultad, precisamente para el magisterio en las superiores Cátedras del Doctorado, hasta la reciente creación de Investigadores científicos oficiales del Consejo Superior, en la que tampoco se ha hecho distinción entre el Doctor y el Ingeniero de cualquier rama. Y así se reconoce también fuera de España, ya que no han pasado dos años desde que, expuestos en el Instituto Tecnológico de Massachussets los proyectos de reválida de una Escuela de Ingenieros de Madrid, uno de cuyos postgraduados en Ampliación de Estudios obtuvo allí en 1949 el grado de *Master of Science* con la calificación máxima, organizó aquel claustro un Curso de conferencias para encomiar este paradigma de la enseñanza de carreras generales largas y de altura científica, propios de países con economía industrial incipiente y empresas modestas, en las que un proyectista químico puede tener que intervenir ventajosamente en la construcción de sus edificios y de fábrica, o el autor de un aprovechamiento hidráulico ha de calcular por sí la línea eléctrica de transporte a alta tensión.

En suma, el tino de la concepción de *ingeniero español* es un triple acierto de naturaleza, de ser histórico y de escala.

De *naturaleza*, porque en esta Península no afloran, opr no hablar más que de la hulla, las ingentes reservas que sostienen la economía del mundo desde la isla inglesa, Walonia, Picardía, Renania y Silesia, en Europa, y Pensilvania, West Virginia, Illinois y Ohío, en América.

De *ser histórico*, porque la Ciencia Moderna ha saturado el medio social en los países de *engineer* e *ingenieurs* que la crearon, mientras nuestro país estaba radicalmente inhibido de ella en los tres siglos en que se formó; y

De *escala*, porque mientras España reúne 7.000 ingenieros, Francia, por ejemplo, presenta 70.000, y frente a nuestras Escuelas, que tienen dificultad para alumbrar en junto promociones anuales del orden de 400, han terminado estudios en Norteamérica, en 1950, más de 51.500.

* * *

Las mudanzas de los tiempos inicitan en conciencia a revisar aún los aciertos cardinales, por si el cambio de circunstancias ha hecho descaecer los más limpios títulos de elogio, o, al menos, amenaza con llevar a estacionamiento a las instituciones. Esta revisión es la que al servicio de España hemos tratado de hacer en nuestra propia carrera los Ingenieros.

En este examen hemos confirmado, en primer término, una probable perspectiva de próxima incorporación patria a la Ciencia Natural, no sólo por atisbos de jóvenes investigadores de halagüeño augurio, sino por el asentimiento obtenido por los estudios de varios profesores que hemos llevado en estos años a superior juicio soluciones para el enigma que Menéndez y Pelayo llamó «formidable problema de las condiciones del genio español para la investigación científica». En la actual Ciencia indeterminista, el horizonte hispánico no parece cerrado.

El auge económico de varias de nuestras producciones y el extraordinario aumento de aspirantes a ingreso en las Escuelas especiales nos ha hecho, además, considerar la conveniencia de introducir en nuestra enseñanza el *engineer* o *Dipl-ing.*, es decir, el Técnico superior, de carrera más corta que la del Ingeniero, en la que se reduzcan a un mínimo las disciplinas específicas de aptitud *dirigente* y se disminuya el número de las tecnología, a cambio de intensificar verdaderamente a fondo las que venga

obligado a cursar cada uno; esto es, la formación del especialista «a priori» que tienen los grandes países industriales.

* * *

El grado de Técnico de Ingeniería.—Este especialista debería ser llamado en nuestra lengua *Técnico de Ingeniería*, puesto que por su formación en Ciencia trabaja sobre principios teóricos y debe llevar como *predicado* la *Ingeniería*; pero el carácter que le define es el arte con que desmenuza la aplicación en el preciso campo a que se dedica; es decir, *Techné*; y el *substantivo* que en español le corresponde es, por lo tanto, *Técnico*.

Es de notar que en análisis del grado de Ingeniero español que he resumido surgió una discrepancia sólo también con los PP. Jesuítas, que quizá a la vista de las soluciones que otros países han dado al problema por propia experiencia en su misma enseñanza subestiman en la docencia la formación de *aptitud dirigente*. No dejan de reconocer, naturalmente, el intenso cultivo de este tercer campo en las Escuelas de Ingenieros, que también hacen por sí, puesto que se trata de siempre de un hecho reiterado y evidente (alguna Escuela del Estado tiene en su plan actual dos cursos normales obligatorios de Estadística fundamental a Extensión de Estadística teórica y aplicada, que acaso no figuran en ninguna otra Carrera.) Su objeción está en recelar *en este campo* de la eficacia de los Maestros y del poder valorador de los exámenes, que son, a su juicio, escasísimos, frente a la virtud docente y calificadora que exaltan en los campos primero y segundo, es decir, en el Arte y la Ciencia. Propugnan que se confíe lo que a tal campo afecta al ejercicio en la Carrera, como en algunos países hacen las Asociaciones Profesionales, que ya en ese ejercicio actúan —sobre todo en Norteamérica e Inglaterra— y confieren al miembro que de ella forma parte, según su grado de madurez, una u otra categoría, que son sucesivamente, en general, *Associate, Member* y *Fellow*.

Ya he hecho alusión a la enorme diferencia de tradición entre esas Asociaciones y las de España, en las que, por ahora, y con excepción de un limitadísimo número de Socios de Honor por aclamación, no se concibe entre la mayoría de sus miembros admisión de criterio alguno que separase en su propio hogar a los compañeros en jerarquías. Esta transformación ha de exigir muchos años de intenso trabajo corporativo en la alta Técnica, actividad ejemplar en aquellos países, así como en Alemania, pero que está aquí apenas iniciada en nuestras fechas.

Ello ha decidido a todos los demás Vocales a ratificar el fomento del tercer campo en la Escuela de Ingenieros, que, en cambio, habría de ser reducido hasta el límite en el nuevo grado técnico de Ingeniería, ya que la función de él ha de ser menos general y más específica, y se trata, como he dicho, de estudios con duración dos años menor que la del Ingeniero.

Este nuevo grado ofrece a la juventud una carrera útil y más accesible y a la sociedad una afluencia de fuerzas profesionales que en sí ha de ser fecunda.

Mas surge una cuestión. ¿Tiene hoy en su potencial la economía española, y aun la hispánica, demanda para estos especialistas «a priori»?

Puede decirse que en todas las ramas de la Ingeniería y Arquitectura, no; pero en algunas, sí. Además, el contacto con las diversas empresas y servicios públicos ha de hacer advertir la oportunidad de que una vez concedida por la Ley la facultad de establecimiento de la Profesión nueva, se organicen por Decretos los planes que cada especialidad proponga, según la razón de la demanda correspondiente.

Gran ventaja hay en no crearlas en todas a la vez. La enseñanza técnica es muy costosa, en material y personal, y aunque las docencias habrán de ser implentadas por las Escuelas de Ingenieros respectivas, es de observar que las dotaciones actuales de estos Centros no son sobradas y que las ampliaciones requeridas serán de consideración, puesto que se trata de desmenuzar la enseñanza de las diversas tecnologías cursadas por cada uno de los especialistas «a priori». El interés de que la implantación no sea generalizada y simultánea es así notorio.

Parece que la nueva carrera está llamada a gran auge, mas cualquiera que sea el ritmo y trayectoria de su inicial desenvolvimiento, importa no comprometer por ellos el justo progreso de *la de ingeniero*; no sólo porque ésta es la única realidad sobre la que se apoya hasta ahora la Nación en este campo, cuya solidez de instituciones está probada ya casi dos siglos, sino porque la importancia de atender a la formación superior de tipo general está crecientemente reconocida aun en los países de más fuerte adelanto técnico y tradición especialista.

Mr. Compton, probablemente uno de los Directores de nuestra enseñanza más autorizados del mundo, exhortaba recientemente en Norteamérica a estar en guardia contra las apariencias de suficiencia del especialismo. No lo proscribe, pero dice expresamente que la educación de los verdaderos Ingenieros tiene su fondo principal en los principios científicos, en los criterios analíticos y en la visión de conjunto al proyectar los procesos industriales. Muy poco tiempo queda —agregaba— para familiarizarlos con las máquinas y las operaciones.

Son sus ayudantes —dice— quienes deben formarse en la práctica, si bien con preparación técnica suficiente para intervenir inteligentemente en el funcionamiento y en su interpretación.

La creciente especialización —añade, por fin— es la que está requiriendo dar cada vez más *formación básica al Ingeniero*, si ha de poder dominar los problemas que plantea la continua diversificación e incesante avance de todos los métodos industriales y agrícolas.

Los *Técnicos de Ingeniería*, formados con los planes de estudios que las Escuelas respectivas propongan, cumplirán una evidente misión en nuestro país al concentrarse en el trabajo propio de cada Tecnología y asegurar la eficacia de labor desarrollada en la Sala de Proyectos o en el Laboratorio, hasta llegar al taller, la obra y el campo, a través de los *Auxiliares de Ingeniería*.

* * *

El grado de Auxiliares de Ingeniería.—La Junta ha entendido unánimemente que no debía entrar en el presente dictamen en puntualizaciones respecto a este grado del umbral de la Enseñanza Superior que comprende diversas Carreras ya existentes y acreditadas, cual Ayudante de Obras Públicas, Ayudante de Minas o de Montes, de Telecomunicación, Perito Industrial y Agrícola, Aparejador, etc. (sin prejuzgar las intersecciones que puedan existir entre los contornos de su campo académico propio y los de los futuros técnicos de Ingeniería). Baste confirmar el reconocimiento de su importancia y elevar la recomendación de

que la Ley de Educación Técnica y los Decretos de establecimiento de sus carreras del especialista *a priori* prevean cuidadosa y claramente las situaciones de estructura que en el conjunto de la enseñanza hayan de corresponder a las ya existentes, estable o transitoriamente.

La acogida a la juventud. Ritmo selectivo.—Al describir la coyuntura de la Enseñanza Técnica, me he visto obligado a aludir a una triste y extendida hostilidad a los métodos de selección de los aspirantes a ingreso en las Escuelas de Ingeniería y Arquitectura. Parece que la indocumentación y las falsas referencias han llevado hasta el despropósito de atribuir confusamente inevitables fracasos en exámenes a posibles e impersonales influjos malthusianos. Es lástima que la Historia académica de España haya de registrar este dominio, que servirá, sin duda, como verdadero paradigma de inania.

En primer término, cuantos nos honramos en el ejercicio del profesorado, renunciando a epifanías económicas y a seducciones de notoriedad popular, tenemos como suprema fuente de placer ético la llegada de los jóvenes que vienen a iniciarse en nuestra experiencia y a posibilitar nuestra multiplicación espiritual. Tan puramente es la juventud la razón de ser de nuestra profesión, que yo no recuerdo de uno solo de nuestros Maestros en quien no haya percibido que la suerte de las promociones que anualmente se le acercan para consolidarle en una paternidad ideal son verdadero fundamento de su bienestar moral; y he conocido a varios que, aun explicando cátedras de los últimos cursos, se interesaban por los programas de ingreso y la colegiación de las Academias con tan decisivo entusiasmo ante las perspectivas del mejor laboreo mental de los alumnos en su preparatorio, que lo que señalaban como el tema de alcance máximo, cual podría hacer un jurista hablando del Imperio Romano, un Astrónomo de la Óptica o un Escultor del gran siglo de Grecia.

Aun en los aspectos más positivos de los Profesionales no docentes es obvio que su respeto al propio prestigio, y hasta su holgada situación en general, excluía racionalmente cualquier barrunto de tentativa para pervertir la función docente en sus carreras, que, además, están por sí mismas llamadas a un peso cada día mayor en la Sociedad, por el mágico desarrollo de las aplicaciones de la Ciencia y por el afán de los pueblos para disfrutarlas.

* * *

Clarísimas son las verdaderas razones que explican los fracasos de examen, que no corresponden, además, a los resultados numéricos que se oye comentar, como probarán los antecedentes estadísticos auténticos de las pruebas de ingreso durante los últimos diez años en todas las Escuelas, que la Junta ha preparado y se propone publicar.

Estas razones son:

1.ª El extraordinario progreso de la Ciencia y la Técnica obliga a ir trasladando a los programas de los años preparatorios cada vez más cantidad de materias para no aumentar los cursos de Carrera dentro de la Escuela. Los conocimientos que ha de dominar el candidato van, por consiguiente, incrementándose en extensión y dificultad.

2.ª El creciente interés con que atraen estas carreras, por la radiación social de los progresos técnicos, multiplica extraordinariamente el número de aspirantes.

3.ª El coste de la Enseñanza Técnica limita el número de alumnos que dentro de la Escuela, y con sus actuales instalaciones y edificios, pueden llegar capacitados a examen a fin de curso. Son varias las promociones que en diversas Escuelas están turnando en laboratorios y salas de ensayos a horas perturbadoras para sus estudios, por no haber plazas que consientan discencia activa más que para la mitad o un tercio de los alumnos matriculados; y

4.ª El carácter de esta Enseñanza, en la que el profesor sigue a diario las calificaciones de *cada uno* de sus alumnos, determina un grave fenómeno que corresponde en Economía a la ley Greshman, por la cual la moneda mala desaloja a la buena. En cátedra, es el *alumno de menor capacidad* y preparación el que, en definitiva, condiciona la altura y el ritmo del curso que explica el Profesor a todos, puesto que no debe deliberadamente relegar a ninguno. Y, por lo tanto, es preciso apartar implacablemente en el ingreso a quien no dé el mínimo de talla discente, porque si pasa sin ella y se incorpora, o habrá que abandonarlo y defraudarlo, o sufrir que rebaje y malogre la promoción entera.

Estos hechos son comunes hoy a las Escuelas Técnicas Superiores que seleccionan sus aspirantes en todos los países y han de reprobar penosamente inmensas mayorías. Por no referirme a ninguno de los Centros que simbolizan los grandes prestigios históricos, como l'Ecole Polytechnique de París, consignaré aquí como ejemplo los resultados de otra Escuela Francesa moderna, situada en la pequeña capital de Nancy: la *Nacional Superior de Industrias Químicas*. En ella se admiten 28 alumnos cada año, puesto que sus instalaciones y seriedad docente no permiten ingreso de más. La media anual de aspirantes presentados en los últimos años ha sido de 365; la de no admitidos, por consiguiente, de 337; es decir, que por cada alumno admitido rechazan 12, índice muy superior al valor medio de las primeras Escuelas españolas.

La sola solución está en multiplicar las carreras. De ahí nuestra propuesta para crear otras nuevas.

La gran aglomeración de aspirantes en España en los últimos años ha revelado, además, graves inconvenientes de la omnímoda libertad con que se les permite presentarse a examen a cualquier edad y durante un número indefinido de convocatorias. Aunque el alumno apto ha seguido coronando su ingreso en un tiempo comprendido prácticamente entre dos y cuatro años, todos los que no alcanzan la capacidad necesaria se han ido acumulando para formar la masa de desorientados que llevan intentando estérilmente la entrada seis y más años, con una perseverancia casi de fijo desgraciada, no tanto por no tener perspectiva de viabilidad probable para dar la talla discente a ingresar como porque el paso de esos años ha ido dejando a los aspirantes fuera de su generación académica, apartándolos ya fracasados para abordar a tiempo otra carrera.

Fácil es, además, comprender que los valores numéricos de las proporciones entre admitidos y rechazados, y la duración del promedio de años que exige el ingreso, han perdido en estos años su poder significativo, puesto que la noción de cociente en un colectivo supone homogeneidad entre los elementos, por aplicarse sólo esta operación aritmética a entes que tengan definida la igualdad y la suma; y en las multitudes de aspirantes

actuales hay la heterogeneidad radical del gran grupo de persistentes descarriados en nuestros estudios, y este grupo copioso falsea las cifras que resultarían si el colectivo de estudiantes hubiese tenido una distribución normal de calidades.

La explicable amargura de estos candidatos y de sus familias hace comprender la aludida detracción de los métodos de ingreso de las Escuelas que no han tenido más parte en el siniestro que su consentimiento en dejarles libremente prolongar el intento, por si al fin podía no ser baldío.

Pero los Profesores reconocemos que éste es realmente un siniestro de juventud; primero, porque se malbarata la posible eficacia en otros campos de una adolescencia estudiosa, y segundo, porque los alumnos de capacidades *próximas* al umbral exigido en el ingreso llegan a ser admitidos, pero a edades tardías, que les impiden ya incorporarse aportunamente a la sociedad con su carrera terminada, y los condenan, aun como Ingenieros, a no poder cubrir ya en condiciones satisfactorias las etapas de la profesión.

Para evitar el daño, ya que el número de aspirante continúa aumentando, nos vemos en el trance de proponer que se acelere el ritmo selectivo de estos jóvenes en su propio interés, principalmente introduciendo prudentes e intangibles limitaciones en la edad y en la libertad de reiteración de exámenes.

Para una exoneración rápida de los mal orientados, se propone limitar a cinco convocatorias distintas en total —si, como vamos a proponer, son semestrales— el de pruebas efectuables por cada candidato, y a dos para cada una de las eliminatorias, preceptuando en Reglamento de Gobierno el límite de veintiún años como edad máxima para actuar en el examen final y admitiendo a las pruebas iniciales aun antes de la aprobación del examen del Estado del Bachillerato.

No puede dejar de preocuparnos el carácter ocasional del examen, que, señalando en fecha común para todos los matriculados, puede encontrar el adolescente en coyuntura de salud o de trance de familia u otra causa que comprometa el nivel de la actuación, que en momento distinto hubiese sido capaz de hacer patente. Este riesgo puede unirse a la crisis psicológica propia de la tensión y angustia de sentirse en cada prueba corriendo la suerte de todo un año.

A reducir este peligro tiende nuestra anunciada propuesta para que las convocatorias sean semestrales en vez de anuales, y se efectúen, por ejemplo, en abril y septiembre, en cuanto las aprueben y posibiliten su eficacia las autoridades correspondientes.

Todavía creemos que el esfuerzo de las Escuelas puede ir más allá en el afán de orientar a los aspirantes para evitarles derroche de tiempo y a veces, malogro de aptitudes. La actual clasificación dicotómica de *admitido* y *no admitido* da buena expresión del criterio de rigurosa imparcialidad que todo el mundo reconoce en nuestras pruebas de ingreso; pero es, sin duda, un procedimiento harto esquemático para calificar académicamente, y asemeja estas pruebas más a una oposición que a un examen. Los nuevos métodos estadísticos, tan propios para empleo por los estudiosos de matemáticas, ofrecen medios seguros de separar objetivamente, al juzgar colectivos de ejercicios individuales, las tres zonas: *afirmativa, intermedia* y *negativa*. A ellas corresponderían las situaciones de *admitidos, discriminables* y *no admitidos*. El acceso a posible discriminación ganaría derecho al candidato, al no haber sido rechazado, a una convocatoria más, en la que sería definitivamente discriminado.

Se apartaría así a tiempo a los que no ofrecen esperanza de aptitud; y si en la ordenación de las clásicas calificaciones numéricas de cociente se señalaban —como está tan extendido, por ejemplo, en Inglaterra— los I. Q. o *idem quod*, que dejan constancia en el conjunto, no sólo de cada puntuación, sino también de los valores de la máxima, mediana y mínima, y las de los dos cuartiles extremos, podrían quedar aptos para cursar carreras de *Técnicos de Ingeniería*, en las ramas en que estén creadas, los examinandos que no hubiesen alcanzado nivel para ingresar en la de Ingeniero.

Estas medidas, en unión de la colegiación de Academias preparatorias particulares, tan elogiadas en general, y especialmente por las Escuelas que ya la practican, evitaría los inconvenientes que la gran aglomeración de aspirantes ha hecho sensibles en los últimos años. La acentuación del sentimiento de responsabilidad de estos Centros, de innegable labor propedéutica, ha de ser cada día más conveniente, no sólo por el carácter más complejo de los planes y programas de preparación que van incorporando a la formación matemática las de otras Ciencias, y acaso pronto a la coadyuvante de idiomas y a las instrumentales de Dibujo, las de otras prácticas, sino porque reforzará indirectamente su autoridad para que anticipen el arduo veredicto de desengañar a los alumnos, y sobre todo a sus familias, de la probabilidad de quedar, al fin, fuera de los desconceptuados por desorientación.

* * *

Un aspecto interesa, por otra parte, a la juventud, que no podía pasar inadvertido a los Maestros. El actual método de selección tiene un singular valor moral de objetividad por la extrema pureza a que ya por naturaleza se presta la rigurosa falta de contacto entre calificadores y calificados. Pero el hecho es que mientras el estudiante que llega a Facultad mayor se siente tutelado por el Estado, que al salir del Instituto de Enseñanza Media le brinda sin solución de continuidad los Claustros de la Universidad, el que se siente llamado a la Ingeniería ha de desenvolver sin guía alguna de institución oficial. Sabiendo las Escuelas que los Centros preparatorios son contribuyentes por beneficios lícitos, pero al fin de propio lucro, se abstienen de mediar entre el aspirante a alumno y quienes lo han de instruir en los primeros años.

La enseñanza oficial tiene así una laguna que, sobre todo en beneficio de los jóvenes económicamente débiles, urgiría salvar, aunque es de reconocer que en las Academias particulares se suaviza en parte este través concediendo plazas gratuitas a los necesitados.

Natural es así el impulso de proponer la implantación por el Estado de establecimientos docentes públicos donde pudieran cursarse las materias previas al ingreso en las Escuelas. Ello ofrece, además, un atractivo pedagógico, pues la selección gradual en la convivencia durante años con los alumnos, aun reconociendo la fragilidad del temperamento español ante el roce humano y el calor de la simpatía, es garantía mayor para clasificar a los jóvenes que el más perfeccionado de los exámenes por visión imaginada del examinando en persona; y tampoco se

ha de suponer que la pérdida del aislamiento actual entre calificadores y calificados enervaría nuestra capacidad de justicia.

Nos contienen, sin embargo, en la propuesta, las ingentes dificultades que surgen con evidencia para realizar tan lícita y sencilla aspiración. A juzgar por la matrícula actual en las Escuelas, puede estimarse en un mínimo de 6.000 el censo de Bachilleres que anualmente instarían la nueva enseñanza oficial preparatoria. La experiencia prueba que en esta etapa de la docencia técnica, el número mediado de alumnos en cada clase no debe exceder de 15. Las dos cifras bastan para imaginar el esfuerzo que se demandaría del Estado.

Por ello acordó nuestra Junta proponer a V. E. la inmediata creación de un *Instituto*, que denominamos *Liminar*, para significar que su objeto es precisamente la enseñanza en la fase de acceso a las carreras. En él se ensayaría la nueva actividad oficial, iniciándola en modesta escala. Por supuesto, hasta que el Centro alcanzase su madurez, habría que reservar a las Escuelas plena libertad de someter a estos candidatos a las mismas pruebas que el resto y comprobar así la mínima talla discente que ellas rigurosamente necesitan para no malograr su enseñanza de la Carrera. Pero no habría en ello daño alguno, puesto que en ningún caso serían de plena validez las nuevas vías de preparación hasta que se extinga el plazo normal de ingreso de quienes, por haber estado ya matriculados, tienen derecho de equidad adquirido con la actual legislación.

Regiría así desde luego una simultaneidad entre la enseñanza preparatoria tradicional de los Centros privados y la nueva enseñanza oficial del Instituto Liminar más o menos desarrollado, y aun multiplicado, según el impulso que el Estado le dé.

La comparación entre unos y otros alumnos ya en la Escuela habrá de hacer progresar a todos decisivamente en el conocimiento de este problema capital para nuestra juventud.

* * *

Eficacia vocacional.—He aludido al atractivo entrevistado en el Instituto Liminar de favorecer, por el continuado contacto con los aspirantes, el descubrimiento o la promoción de auténticas vocaciones.

¡Grave problema! Todos sabemos que ni la vocación es la aptitud ni ésta el éxito; pero todos hemos comprobado también en los verdaderos modelos que en cualquier profesión nos edifican, por su ejemplaridad y su eficacia, la arrolladora impresión de que, aparte sus dones, su verdadero secreto de superioridad está en «haber acertado la vocación».

La gran dificultad que surge en la enseñanza es la de la edad, puesto que psicólogos y educadores convienen en que la vocación real en un estado de alma tardía que, en general, no ofrece sus signos inequívocos hasta unos años en que los jóvenes tienen sus carreras ya en terminación. En la educación religiosa interviene la Gracia y la eficacia propia en el espíritu de quienes han recibido Ordenes sagradas; pero en las enseñanzas temporales sólo tenemos métodos incipientes para la exploración sistemática de vocaciones.

Es un hecho que en Europa, desde que Rousseau exaltó la objetividad de los elementos naturales y minó el respeto a las acciones orientadoras del espíritu, logrando que la mayoría de las asambleas políticas de la época estuviesen simbólicamente bajo la Presidencia de Marco Bruto, se fué anteponiendo en la educación cada vez más el problema de la aptitud al de la vocación. Y mirando al fruto social que el hombre rinde en su carrera, sobre todo en países de hipertrofia personista, no tendría menos interés la seguridad en descubrir vocaciones que el tino para seleccionar aptitudes. Al menos, urgiría captar a un tiempo los caracteres redhibitorios que para una u otra vocación existiesen en los alumnos de cuya orientación somos responsables.

Pero los recursos de Psicología aplicada que estos intentos requieren no están hoy a nuestro alcance, y hemos de reducirnos a facilitar con enérgico esfuerzo, por medios indirectos, que el joven se vaya acercando, a lo largo de los años de docencia, a los objetivos más afines con sus auténticas inclinaciones y se haya redimido a tiempo de algún error vocacional que pueda herir para siempre su vida.

Una situación propicia para rectificar el rumbo de un estudiante de vocación dudosa lo ofrecen las Escuelas Politécnicas, en las que está relativamente inmediata la posibilidad de paso de un campo de discencia a otro. Los países industriales mantienen grandes y muy acreditadas instituciones de este tipo. Sin embargo, la experiencia en España ha sido desalentadora para esta clase de enseñanza. Probablemente un noble impulso ético hacer sentir como poco airoso el abandono de la especialización con que se aborda una carrera, para substituirla por otra hacia la que la simple convivencia podía dar demasiado fácil acicate.

El remedio general estaría en la interpretación discente; es decir, en una política académica que librase al joven de los excesos del hermetismo que llevan consigo, por su naturaleza, los planes, suavizando la exclusión de toda convalidación que hoy tenemos aún entre las materias más afines y quizá hasta iguales aprobadas en diversos Centros. La defensa de la eficacia vocacional por una prudente libertad de cambio de estudios merecería ensayarse con todas las precauciones que requieren los peligros que a simple vista se perciben en la aplicación.

Podría confiarse a un órgano superior, como hoy el Consejo Nacional de Educación, la propuesta de concesión, previo informe de unos y otros Centros de las posibles convalidaciones de materias, puntualizando las pertinentes pruebas complementarias, previo estudio a fondo de los planes y programas, ya que la identidad de disciplina, sentido y grado existe, pero no es frecuente.

El expediente de estos cambios podría reservarse para el Instituto Liminar, y los dos primeros cursos ya en la Escuela del Técnico de Ingeniería y del de Ingeniero; es decir, en la zona de estudios en la que no está rebasada la situación que podríamos denominar de antegraduado. A partir de esos cursos, la convalidación no podría instarse hasta haberse recibido de su Carrera.

La concesión —aun supuestos los asentimientos de uno y otro Centro— no procedería en ningún caso más que una sola vez, esto es, como vía para redimir un posible error de vocación, pero sin dar nunca lugar a cualquier irreverente tentativa de transitar reiteradamente de unos Centros a otros.

De estas concesiones quedarían excluídos quienes aspiren al *título de empleo*, al que aludiré en el apartado *Intranacionalización y Profesionalidad*; y la existencia de ellas no prejuzga, en

cambio, la libertad de cada Escuela para disponer pruebas de tipo excepcional, destinadas a personalidades ya destacadas en el grado superior de otras carreras que hubiesen de recibirse de otro también superior.

He de insistir en que estas convalidaciones para alumnos no parecieron a la Junta hacederas desde ahora con carácter general, ya que la multiplicidad de Centros determina, entre unos y otros, programas y métodos de examen en los respectivos campos, gran diversidad de fronteras, y en éstas es donde nacen los conflictos. La salvaguarda de la especialización fundamental que cada carrera juzga necesaria en sus estudios habrá de exigir un análisis detenido de las pruebas complementarias pertinentes, labor ardua para el órgano que tenga la responsabilidad de definirlas; pero, aun reconociendo el gran esfuerzo de transición preciso para implantar sin extenso riesgo las convalidaciones entre alumnos, no podíamos acordar la exclusión del intento por si ello implicaba admitir que el Profesor consienta impasible el error vocacional de que un día pudiese comprobar que era víctima uno de sus discípulos.

Ingenieros y Arquitectos creemos estar acreditando, en estos meses de estudio en nuestra Junta, no sólo ausencia de inclinaciones con dejo alguno petrificador, sino verdadero anhelo crítico y aun revisionista de nuestras instituciones de carrera para contribuir por el progreso técnico al mejor servicio de cuantos pueblos formamos la cultura hispánica: y si la civilización ha refinado en las naciones la Administración de Justicia para desterrar los errores judiciales, salvándolos por indulto y, sobre todo, por revisión, nuestras Escuelas, que tradicionalmente ofrecen a sus alumnos diaria e individual tutela académica, han de velar por que en la edad en que se modelan su voluntad y su carácter no frustren errores de orientación, vocaciones que se hayan revelado ante el Maestro por tanteos divergentes de fuerzas mentales y pruebas objetivas de propios talentos

Sabemos que es difícil hacer prever en los reglamentos las sorpresas de la vida, y entre ellas la aparición de esas genuidades psicológicas que en un alumno pueden poner al descubierto el caso puro de *aliud pro alio putare*, pero al menos en profesiones que no tienen por objeto los códigos cuyo sumo título está en la personalidad formal de quienes los redactaron, sino las augustas e invariables leyes de la Ciencia Natural, hemos de asegurar, ya que no para todos los discípulos, porque ello sería imposible, sí para los mejores, la oportuna vía de posible redención del temedero error vocacional.

Otro ámbito de la protección al estudioso por la convalidación es el de facilitar dentro de cada uno el acceso de un grado al superior. Por ejemplo, de *Auxiliar* a *Técnico de Ingeniería*, o de éste a *Ingeniero*, o bien de las *Maestranzas* a *Auxiliares*. Alguna Escuela tiene ya en su Reglamento disposiciones que dan cauce legal a este paso. La opinión de la Junta sobre este punto ha sido que se amplíen, en efecto, estos estímulos en todos los casos que no se presenten como contraindicados, pero que su aplicación presuponga expresamente en el interesado en el grado que ya posee, una calificación excelente y algún rendimiento profesional apreciable. El brindar los hábitos de acceso con carácter general de un grado al inmediato superior ha sido a veces ensalzado con buen propósito, pero casi siempre arrastró a estragos demagógicos. Porque el aspirante tiende a cursar el grado inferior como un puro tránsito; trabaja sin verdadera estimación para la meta inmediata que sólo considera como un medio, y si con saludable rigor se le impide al fin el ascenso injustificado, pasa a formar el amargo grupo con conciencia de fracaso de quienes se creen casi burlados por deber mantenerse en el grado de que voluntariamente se recibieron.

Finalmente, hay una política de convalidaciones de alto interés dedicada a los países de cultura común. Habría que estudiar a fondo la docencia y profesionalidad en cada país para llegar, en reciprocidad, a reconocimiento de títulos que en la nación de origen acrediten plenamente para el ejercicio profesional, y siempre previo examen de las materias que posiblemente en él no fuesen exigidas.

No son solamente los desvelos para dar flexibilidad a las normas administrativas los que pueden proteger a nuestros jóvenes contra la malparanza de sus aptitudes potenciales por error de vocación. Importa que todos conjuguemos nuestros esfuerzos para que en el cotidiano quehacer de la enseñanza la orientación sea incesante y al lado de la instrucción en los nuevos principios y métodos reciba el discípulo el fermento ideal de las pasiones elevadas. Esto no es fácil porque el contacto directo con un número muy corto de alumnos exige dotaciones económicas cuantiosas. Los países que disponen de ellas saben bien que la inversión es productiva y aun excelente. Recientemente comprobamos que en el Instituto Tecnológico de Massachussets había para 4.000 alumnos 1.000 Profesores. Pero las rentas nacionales modestas, como la nuestra, exigen otras estructuras, aunque no hemos de olvidar que sin forzar mucho las actuales consignaciones presupuestarias, no tendrá viabilidad nuestra ascensión técnica y productiva, cuyos índices ya he denominado de patéticos.

Puesto que las demandas de convalidaciones obligarán a la relación directa entre Profesores de Escuelas diversas y aun de Universidad —como es normal en Arquitectura— y los Ingenieros hemos subrayado nuestro respeto a aquella Institución, no suscitando la facultad de Doctores implantada fuera de aquí desde hace medio siglo, tenemos los mejores antecedentes para velar y consultar en todos los terrenos sobre los casos de nuestros alumnos en la Carrera y después de los postgraduados en la Ampliación de Estudios.

Los que aspiren al Profesorado podrán, para ciertas Cátedras, refinar su formación teórica, con o sin Doctorado, o reforzar sus condiciones didácticas si están ya en aplicaciones en las que predomina la acción.

Varias de las destacadas figuras actuales en Ciencia y Técnica española hallaron su camino profesional definitivo ya como postgraduados, y con rectificaciones a veces drásticas (de Explosivos a Óptica, de Electrónica a Metalurgia, etc.). Las dotaciones de becas para estos jóvenes debieran multiplicarse en todos los campos, porque su capacidad creadora, al encontrar su vocación, alcanza grados de eficacia no sospechados. La primera vez que con carácter oficial se estableció el uso común para estudiosos españoles del material de investigación y de enseñanza en técnicas nuevas se debió a postgraduados que, por su fervor y su obra, decidieron a diversos Ministerios a instar simultáneamente las nuevas disposiciones. ¡Bien distantes estaban ellos de aspirar entonces a títulos nuevos! Y a su ejemplo aludía al escribir más atrás que hasta ahora la falta de colación de grados específicamente científicos no había enervado en la Ingeniería la investigación. Debo subrayar, sin embargo, que

este edificante resultado fué fruto directo de un éxito de acción vocacional.

* * *

Maestranzas y Enseñanza Obrera.

He hecho resaltar ante V. E. el interés por la Enseñanza Obrera que señalaba la conclusión invocada del II Congreso Nacional de Ingeniería, como una de las bases de nuestro *Planteamiento por los Ingenieros y Arquitectos del nuevo designio técnico de España.* Y he hecho también notar que, por la extensión del tema, ha debido quedar desglosado de este primer dictamen, a pesar de las sesiones que especialmente le han sido dedicadas, porque el mismo calor de colaboración vehemente y de llama de vida multiforme con que las diversas intervenciones lo han enriquecido habrían exigido demorar en exceso el presente escrito.

La Junta espera tener oportunidad de elevar su informe sobre este campo de la Educación Técnica, y sólo anticipa aquí, en relación con la Enseñanza Superior, su deseo de que los profesionales con calificaciones excelentes en las Maestranzas puedan ser incorporados como aspirantes a carreras probablemente nuevas, ya en el umbral de esa enseñanza; es decir, al grado de *Auxiliares de Ingeniería.* La experiencia en Salas de delineación y en Talleres se acredita cada vez como más valiosa para el personal de estos cuadros de zonas limítrofes entre las actividades directiva y ejecutiva, en las que nuestra economía técnica necesita precisamente la intensificación más enérgica.

La preparación hasta las Maestranzas se apoyará en Oficiales instruídos que hayan estado alternativamente en las Escuelas de Formación Profesional y en la Industria, quienes en su desarrollo habrán de haber adquirido un complemento de formación cultural, mientras los futuros aspirantes a la enseñanza del expresado umbral que procedan de preparación directa estarán obligados a un complemento en formación práctica.

Las instituciones modelo que, aparte las Escuelas del Estado, garantizarán, desde luego, el desenvolvimiento inmediato, serán principalmente las de la Organización Sindical, PP. Jesuítas y Salesianos y las Escuelas selectivas de Empresa, en relación unas y otras con los nuevos Institutos Laborales.

Aparte de estos principios, será objeto de particular propuesta la enseñanza agrícola, cuyo factor específico de diseminación exige soluciones independientes.

* * *

Intranacionalización y Profesionalidad.

Queda, respecto a la Enseñanza Superior, un tema que he suscitado al final de la descripción de *La coyuntura de nuestra enseñanza técnica en el comedio del siglo*: la incorporación de instituciones no estatales a la gran obra de reforzar la educación técnica de nuestra juventud en todos sus grados, con acción paralela a la del Estado, que durante la centuria anterior ha asumido la honrosa función prácticamente por sí solo.

Ejemplo significativo de esta cooperación docente es, en nuestra Capital, el Instituto Católico de Artes e Industrias, que ha designado a los dos Vocales, ilustres Jesuítas e Ingenieros españoles, a quienes he debido referirme en los dos pronunciamientos en que, por su discrepancia, no logró la Junta llegar a la difícil y grata unanimidad que, por otra parte, ha alcanzado a conseguir en todas las demás deliberaciones, salvo una excepción más, por la disidencia también de estos Vocales, de que en este apartado daré cuenta a V. E.

Reconozcamos que estos Ingenieros y Arquitectos españoles, hasta ahora formados por el Estado, somos depositarios de una tradición heredada de nuestros antecesores, que nos sentimos con el deber de conservar y transmitir a nuestros discípulos, sin defraudarles en su noble aspiración de recibirla incólume y de engrandecerla con los ejemplos de conducta y sacrificio que en la generación nueva ellos han de aportar. Pero advirtamos también que nunca se nos hizo ver en la misión nuestra reflejos sobrenaturales como los que para Josué tenía el antiguo Israel, si bien fuimos enseñados a someter nuestra acción al *ideal*, aun puesto sobre la razón.

Y si las instituciones nuevas tratan de servir a España y a la Técnica, que es el *ideal nuestro,* no creemos que haya audacia de los Ingenieros y generosidad de los alumnos que resulten inaccesibles, no solamente para no dificultar las docencias ofrecidas, sino para acogerlas y favorecerlas y brindar nuestra secular experiencia a cuantos recta, competente y abiertamente entreguen su esfuerzo a la mejor formación técnica de la juventud.

Ni vislumbramos límite a la honesta libertad de enseñanza no estatal, ni regatearíamos estímulo para fomentar en nuestro país el hábito social, poco extendido, de donar o legar bienes y capitales destinados a la fecunda expansión de las vocaciones docentes y profesionales en el campo de la Ciencia Natural y para premiar y exaltar a los autores de estas edificantes realizaciones. Y acaso el entusiasmo por la causa común nos lleve a desear que este fervor que desde el Estado tuvieron nuestros antecesores, y tenemos muchos, por beneficiar, en provecho de la Técnica patria, los talentos útiles, se propagase a los más diversos estamentos del país y fraguase en todos ellos, intimando a la Nación lo que sólo existía en el Estado y haciendo un ansia general en la sociedad el desvelo por mantener la antorcha de estos saberes, confiados hasta ahora al puro celo de la Administración Pública. Podría denominarse este proceso una verdadera *intranacionalización* de la Educación Técnica.

Pero es obvio que a ámbitos más generales de libertad corresponden mayores previsiones de responsabilidad, y el Estado, que en la enseñanza de la moderna Cosmología aplicada tiene el mayorazgo, no puede desentenderse de vigilar el uso que cualquier persona moral, jurídica o natural llegase a hacer de la autorización general que se promulgara. La educación en este campo, en el que se apoya, sobre todo, el bienestar del país, tiene carácter demasiado sagrado para no asegurar en lo posible a los jóvenes que vayan a recibirla, que acuden efectivamente a una escuela de trabajo, donde se rinde culto a la Verdad, y donde se hace con las ideas taller y no bazar.

Obtenida esta garantía, nos abrigamos a la esperanza, Ingenieros y Arquitectos, de que la multiplicación de estudiosos producirá, si es ordenada, gran beneficio; y nos atrae la nueva emulación, no sólo por ser norma nuestra la de no exagerar lo conservador que no descanse más que en lo consagrado, sino porque todo cultivador de la Ciencia Moderna cree más en ella como manantial que como estanque; y ante la ilusión, por ejem-

plo, de que entre todos logremos acrecer el refuerzo, hoy visible en el número de citas de españoles en las grandes Revistas extranjeras, estamos ya los Ingenieros, además de convencidos de cabeza, persuadidos de corazón.

No ha de ser difícil la nueva ordenación. La profesionalidad descansa, en las sociedades civilizadas, en una rigurosa diferencia en las credenciales de la profesión entre el *Título académico*, *Título de empleo* o *administrativo* y *Diploma*; este último con dos variantes claramente separadas, que hemos denominado *constitutivo* y *enunciativo*. *Reservamos* unas y otras denominaciones para la enseñanza superior, empleando para las credenciales correspondientes a Maestranzas y Enseñanza obrera la locución *Carta de examen* y dejando con carácter genérico la de *certificado* para cuantos documentos de testimonio no impliquen en sí una credencial de profesión.

La voz Título es ya, por su etimología, τιω, la razón jurídica para legitimar un derecho en cuanto es cosa distinta de la posesión.

El diploma es, etimológica y, sobre todo, semánticamente, el testimonio a favor de un individuo o entidad dado por otra, sin más alcance que el de la autoridad moral que ésta pueda por sí prestarle.

El título legitima el derecho porque hace que *todos* hayan de reconocer en Ley que es lícito que tengamos lo que de hecho, en efecto, tenemos; es la noción jurídica de dominio.

El diploma declara que lo que tiene quien lo exhibe lo tiene lícitamente a juicio de quien expide el diploma, pero sin que la Ley obligue a nadie más a asentir a esta apreciación de licitud.

Es decir, el título es la validación civil del Diploma, y sólo puede emanar de la Potestad del Estado, que es la propia de esta actividad social.

El Diploma puede tener, académicamente, dos naturalezas: el conferido por una Escuela estatal como colación de grado, que no se expide hasta después de aprobación de la última de las pruebas previas a la declaración de aptitud en la profesión que el Estado tiene establecidas. En este caso, el alumno, una vez recibido el Diploma, tiene ya acceso al Título, sin más condiciones que las de nacionalidad, disfrute de los derechos ciudadanos, pago del tributo de timbre y otras, ninguna de las cuales se refiere a prueba de capacidad específica para la profesión correspondiente. Es decir, que el Diploma de una Escuela estatal es constitutivo del derecho al Título en cuanto es posterior a la plena prueba de aptitud técnica en la Carrera.

El Diploma de una Escuela de la que no es dueño el Estado hace figurar una aptitud profesional; pero, aun admitido que esté prevista su posible validación civil, ésta no puede consumarse hasta haber acreditado la aptitud enunciada ante un órgano del Estado que es quien, con su responsabilidad, va a crear el derecho a favor del titulado y a imponer la correspondiente obligación a todos los demás ciudadanos.

Claro es que si el Estado enajena, a través de sus órganos de soberanía por Concordatos o Tratados, una Potestad, queda ésta a favor de la que la recibe como cesionaria.

En estos términos es fácil deducir, en primer lugar, que para la función pública no parece aconsejable que el Estado otorgue Título de empleo o administrativo más que a quienes cursaron en sus Escuelas y ni siquiera excepcionalmente beneficiaron de convalidaciones.

La razón es clara. El Gerente de una Empresa o un particular pueden estudiar y conocer sus empleados y llegar a rescindir su contrato de trabajo sin más significación que la de un cambio de circunstancias o una incompatibilidad de caracteres. Pero cuando un Jefe ha de expulsar en el servicio público a un subordinado, ha de invocar una incompatibilidad de conciencias. Por eso casi nunca es expulsado ninguno. Mas ello exige que antes de nombrarlo existan garantías muy firmes, no sólo de aptitud, sino, si es posible, de hábitos y de tendencias que hagan improbable el fracaso en el desempeño de la función.

Así estaban constituídas tradicionalmente las Escuelas de Ingenieros. El gran desequilibrio entre las necesidades de personal en la Administración y el poder generador de la Escuela ha hecho denunciable, sin embargo, la regla de atribuir, sin limitación, derecho a ingreso al servicio del Estado a los Ingenieros. Varias Escuelas han aplicado ya disposiciones adecuadas. Desde luego, parecerían procedentes máximos de edad y, quizá, estudio de ciertas disciplinas propias de la Administración como potestativo para los alumnos que aspirasen al servicio público. Pero este aspecto, más que directamente a la Enseñanza, afecta a los Reglamentos propios de los Cuerpos.

El *Título académico* exigiría claridad extrema en la denominación, no tanto para no confundir fácilmente en la vida ordinaria al *titulado* con el *diplomado*, puesto que éste, hasta ganar validación civil, habría de nombrarse preceptivamente «Diplomado» como para evitar anfibologías con otros títulos, dando lugar a fricciones a veces graves.

Por lo demás, si el Centro de Enseñanza Privada está solamente sometido a normas generales que aspirasen a obtener un título, las pruebas de sus alumnos corresponderían a la enseñanza prevista en el artículo 3.º de la Ley de Ordenación de la Universidad española de 1943, cuya disposición final número 5 ofrece expresamente su aplicación a los prestigiosos Centros del Sacro Monte, El Escorial y Deusto.

Pero si finalmente se tratase de un Centro cuyo Profesorado estuviese constituído por Titulados, y cuyos planes, instalaciones, escolaridad y funcionamiento estuviesen bajo la adecuada acción de los Centros competentes del Estado, se podría dar la extrema facilidad a los alumnos de recibirse del grado correspondiente con eficacia para ganar título mediante prueba de conjunto ante un Tribunal.

Este Tribunal habría de estar constituído por Profesores de una Escuela del Estado —admitiendo en él representación del Profesorado del Centro en que estudiaron los aspirantes— cuando se trate de un campo comprendido en la enseñanza de la correspondiente Escuela; si el campo correspondiera a varias Escuelas del Estado, los Profesores oficiales que constituyesen el Tribunal habrían de pertenecer a esas Escuelas.

Las autorizaciones a favor de cada Centro habrían de ser objeto de concesión por el Gobierno, dentro de las disposiciones legales y fijando las atribuciones de cada nueva carrera, después de oír los informes que sean preceptivos.

Esta constitución del Tribunal no ha sido aprobada por los Vocales que son PP. Jesuítas, quienes, no refiriéndose en estos momentos, en general, a los Centros de Enseñanza de la Iglesia, e invocando el ejemplo del Gobierno inglés en la India y el de

Bélgica, preferían una equiparación en exámenes de la enseñanza estatal con la que no lo es, formando Tribunales constituídos sin predominio alguno por Profesores oficiales y privados ante quienes pasasen su examen, indistintamente, los alumnos del Estado y los demás.

No ha podido avenirse el resto de la Junta a este deseo por el nuevo temor de incompatibilidad —en este caso más aguda— con la idiosincrasia española. El precedente del Gobierno inglés en la India difícilmente parece que pueda darnos modelo en nuestra vida civil y académica. En cuanto a Bélgica, nación moderna que es paradigma de la división casi por mitad en lengua política, y fuertemente en religión, tiene, en efecto, un régimen social dialéctico, a pesar del cual sobre la calificación de los tribunales mixtos, tiene el *enterinement* o trámite de confirmación, nuevamente específica, puesto que sobre él provee otro tribnnal formado por los Magistrados y un numerario de cada una de las Reales Academias de aquel país. Es decir, que la ratificación no es puramente administrativa.

Por otra parte, equiparar desde ahora en contenido y madurez a la enseñanza técnica estatal, extendida y secular, la iniciada fuera del Estado con buenos augurios, pero hasta hoy sin desarrollo en la Nación, ha parecido una verdadera violencia de las realidades, que, además, al traer todo un sistema general de la Enseñanza Técnica como una máquina del extranjero, nos expondría gravemente, aun suponiendo que fuese superior, a no poder por nosotros mismos afrontar su adaptación y arreglar sus defectos, por falta de toda experiencia en su manejo.

* * *

Ley de Educación Técnica.

Las ideas generatrices, principios directores y metas sugeridas, que son obra de esta Junta, nos llevaron, como al empezar expuse a V. E., a considerar llegada la sazón de que se acuerde y promulgue una Ley de Educación Técnica aplicada desde la correspondiente Subsecretaría de este mismo nombre.

No hemos creído que debíamos articular texto alguno, puesto que nosotros somos una Junta de apreciable representación nacional, pero sin la específica competencia jurídica y administrativa que esos textos requieren, y que los órganos superiores podrán proponer al Gobierno y a las Cortes.

Creemos que desde los postgraduados que investigan hasta los obreros que meritoriamente ejecutan, pasando por los grados que propugnamos, *Ingenieros* o *Arquitectos*, *Técnicos de Ingeniería* y posiblemente *de Arquitectura*, *Auxiliares de Ingeniería* o *de Arquitectura*, *Maestranzas* y *Enseñanza obrera* (compuesta de oficiales de diversas categorías y aprendices) formamos uno de los estamentos esenciales en la vida económica del país, capaz de una acción que, inspirada en la justicia y en la eficacia, promueva, con un mayor bienestar material, una ascensión en la cultura y en la paz social.

Pensamos asimismo que por nuestra concepción y espíritu en el nuevo designio técnico de España que he expuesto acreditamos sentir colectivamente la fe patriótica con la conciencia de una finalidad *ad extra*, que justifica nuestra instancia de ordenación común por una nueva Ley, en la que, sin duda, si los preceptos respecto a carreras ya existentes, habrán de respetar los derechos de equidad adquiridos por quienes ya hayan sufrido exámenes según planes de la legislación vigente, en cambio, para las carreras nuevas, podrán abrir a la juventud inmediatamente zonas de fecunda y original profesionalidad.

Pero no añado a esta exposición, tan extensa, alegaciones que el clarividente juicio de V. E. hace ociosas.

A él nos entregamos, y sólo pido venia a V. E. para expresar el reconocimiento por la protección de la obra al Instituto de Ingenieros Civiles y subrayar el bien que de España merecen mis compañeros de esta Junta, casi sólo formada por sumidades que, a pesar de estar con agobiantes obligaciones, no han dejado de consagrarse muchas horas y durante meses a nuestro estudio, sin percibir remuneración de asistencia, habiendo varios Vocales que concurrían de Barcelona y de Bilbao, también sin viático alguno, y sin que se haya dedicado un solo momento al estudio de atribuciones ni a interés profesional de ninguna de las carreras que directamente nos afectan; el que merecen nuestros alumnos, que por mis impresiones, y sobre todo por las reflejadas a través de sus Directores y Profesores, se han producido durante todas las deliberaciones de la Junta, de cuya importancia de fines tenían global referencia —y esperamos que la tengan de este texto cuando V. E. lo autorice—, no como podía haber hecho la hiperestesia atribuíble a su edad, sino como un dechado de disciplinada disecreción, de lealtad modelo y de edificante crédito para la obra que la Nación coronará en la generación por venir; y, sobre todo, afirmarnos en nuestra gratitud a V. E. porque el haberse dignado deferir a que el dictamen de la Junta precediese a la reglamentación de las Enseñanzas Técnicas, nos obligará siempre con el recuerdo de este ejemplo singular, en el que cedía el paso al puro Saber la Potestad Pública, mientras su régimen político estaba siendo visto en un escorzo histórico, que todavía se clasificaba formalmente como autoritario; bien es verdad que desde lejos y sin esfuerzo real de los clasificantes para percibir con limpieza la imagen de España.

* * *

El presente texto fué leído a la Junta en sesión plenaria de 15 de marzo. Acogido con general e inolvidable ovación, creí debí convocar a nueva sesión para el siguiente día 16, a fin de que, aun dentro de su carácter pura y modestamente personal, pudiera ser examinada con tiempo esta exposición, que sólo había sido redactada para acompañar a las Actas de las reuniones plenarias, si es que, en efecto, se aprobaba elevar así nuestro informe a V. E.

Intervinieron diferentes Vocales honrando al trabajo con elogios superlativos, a los que se sumaron todos los presentes; y se propuso que, conservando el texto y la firma de su autor, fuese unido al tomo de actas para fomentar el dictamen que haga suyo la Junta.

El Presidente, que, al redactar su escrito, no había llegado a aspirar a este tentador y edificante patrocinio, rindió su gratitud por él y se apresuró a invitar a cada Vocal a que examinase, ya en lectura directa, los pasajes de que creyera conveniente hacer análisis antes de dar al texto el nuevo y superior carácter. Los Vocales entendieron que siendo brevísimas las salvedades o aclaraciones que parecían poder interesar, debía, desde luego, acor-

darse que el dictamen de la Junta fuese la exposición del Presidente acompañada de la colección de Actas, y que, sin perjuicio de que éste examinase con cuantos lo desearan sus posibles indicaciones sobre alguna puntualización accesoria, quedase el acuerdo tomado en firme en la propia sesión del día 16 y con constancia de él en el mismo documento que bajo su firma iba a elevar el Presidente.

Así fué decidido por aclamación, lo que consigno en cumplimiento de los acuerdos, y sometiendo nuestro dictamen a cualquier otro parecer mejor fundado, insisto en mi reconocimiento para la Junta, con el férvido voto de que Dios guarde la vida de V. E. muchos años.

Madrid, 17 de marzo de 1951.

El Presidente
de la
Junta de Enseñanza Técnica,

Firmado.—José Antonio de Artigas.

Excmo. Sr. Ministro de Educación Nacional.

N.º 136. - Vibraciones de torsión

Autor: D. FELIPE LAFITA BABIO
Ingeniero Aeronáutico

INTRODUCCIÓN

El problema vibratorio o dinámico, en el que a diferencia del estático es preciso tener en cuenta la masa del cuerpo, es de suma importancia para el ingeniero proyectista de máquinas en general, aviones, buques, donde es muy frecuente encontrar elementos sometidos a vibraciones de torsión o a éstas combinadas con las de flexión, siendo generalmente este estado de solicitación el que produce el fracaso del material.

Es sabido que la vibración de torsión puede producirse únicamente cuando los pares de torsión actuantes no son constantes en magnitud, dirección o en ambas cosas a la vez. Los pares fluctuantes capaces de producir una vibración se denominan, en general, pares excitantes, perturbadores o trepidantes.

Ellos están presentes en la mayor parte de las máquinas en movimiento, y en la generalidad de los casos producen efectos no deseables, tales como aumento de los esfuerzos en los elementos de las máquinas, interferencias con el propio funcionamiento de la misma máquina, otras máquinas o instrumentos situados en sus proximidades, molestias fisiológicas a las personas, particularmente cuando la vibración produce ruido, y, sobre todo, una pérdida de energía mecánica a causa del amortiguamiento que siempre existe.

Los fenómenos vibratorios torsionales cuando se han comenzado a estudiar de una manera profunda ha sido después de la primera guerra mundial, ya que fueron en aquella ocasión muy numerosos los buques con máquina de vapor que perdieron sus hélices, atribuyéndose primeramente esta avería a defectos del material o a una mala alineación de los ejes, cuando en realidad era debida a vibraciones de torsión. Más tarde, la aparición de las turbinas de vapor, como consecuencia de la constancia de su par, suprimió este tipo de avería, lo que desgraciadamente retrasó el progreso en la investigación de este problema. Sin embargo, a continuación, la gran aplicación del motor Diesel, principalmente en los sumergibles dirigibles, así como las frecuentes averías observadas no ya solamente en los ejes portahélices, como en los buques de superficie, sino en el mismo cigüeñal, y principalmente en su última muñequilla, produjo, naturalmente, la necesidad del estudio teórico-experimental de este problema, con lo que hoy día puede realmente considerarse el problema totalmente resuelto. Como hecho real puede mencionarse que en la actualidad existen instalados muchísimos millares de caballos en motores Diesel y de gasolina de todos los tipos y tamaños, sin que las roturas pasen de un porcentaje muy reducido. Sin embargo, la restricción que muchas veces hay que imponer a dichas instalaciones, de pasar rápidamente por un sector de las velocidades, no agrada, como es lógico, a los jefes de ellas.

Para el estudio teórico de las vibraciones es preciso substituir el sistema práctico complejo que se considere, por otro sencillo equivalente constituído por alguna de las formas siguientes: *a*), por un eje sin masa y con masas concentradas, denominado «sistema de masas concentradas»; *b*), por otro con masa uniformemente distribuída, denominado «sistema de eje uniforme»; *c*), por un eje con masa uniformemente distribuída y otras masas concentradas, denominado «sistema combinado equivalente».

Los sistemas equivalentes pueden estar constituídos por un eje en línea o por varios ejes enlazados o engranados.

Un sistema equivalente cualquiera, al que se le somete a un par de torsión, en una cualquiera de las masas, sufrirá una deformación de torsión. Pues bien, si bruscamente se suprime dicho par, el sistema toma un movimiento vibratorio que se denomina «natural o libre», ya que no actúa sobre el par alguno.

Cuando por cualquier causa exista algún par que amortigüe dicho movimiento, éste se denomina «movimiento vibratorio libre o natural con amortiguamiento».

En la realidad, siempre existen estos pares de amortiguamiento, y sus formas más corrientes son las siguientes: 1.º Flúidos, 2.º Fricción seca o amortiguamiento de Coulomb, 3.º Fricción sólida o amortiguamiento de histeresis (par interno).

En la práctica del ingeniero se presentan tipos de amortiguamiento de par exterior, tales como el originado por la variación del par absorbido por las hélices marinas y aéreas o dínamos, con la variación de la velocidad, y las de par interior, tales como los rozamientos de los ejes en los cojinetes, juego entre cabeza de biela y muñequilla, etc.

Las frecuencias del movimiento vibratorio originado en el sistema sin amortiguamiento se denominan «frecuencias naturales» del sistema. Si el sistema tiene más de una frecuencia natural, estas frecuencias se denominan «primera, segunda, etc.», frecuen-

cias naturales, siendo la primera la más pequeña sobre cero, y así sucesivamente. La vibración para la primera frecuencia natural se suele también denominar «primer modo o vibración con un nodo». Igualmente para las restantes frecuencias, segundo modo vibratorio o vibración con dos nodos», y así sucesivamente.

Cuando el sistema se somete a un par periódico, sin hacerlo desaparecer, se obtiene lo que se denomina «vibración forzada», la que, como en el caso de la libre, puede ser sin o con amortiguamiento.

En la vibración forzada, siempre al cabo de un cierto tiempo, la frecuencia del movimiento es la de par periódico aplicado. La vibración correspondiente a las «frecuencias naturales del sistema», en el supuesto de que exista el par excitante y el amortiguamiento, se denomina «sincrona o resonante».

Se denomina amplitud de lo oscilación o vibración al desplazamiento de cualquier sección del sistema, respecto a la posición neutra, o sea, la correspondiente al supuesto de no existir vibración.

Un nodo de la vibración corresponde a una sección que no se desplaza de su posición de equilibrio.

Cuando el sistema equivalente está constituído por varios ejes enlazados o engranados, cada uno de éstos tiene sus frecuencias naturales propias y las combinadas del conjunto. Cada una de éstas puede tener su primer, segundo modo, etc., de vibración.

En la vibración libre o natural las amplitudes a lo largo del sistema equivalente, cuando una sección genérica se supone sufre una deformación de amplitud unidad, se denominan amplitudes relativas o de equilibrio de la vibración natural. Una curva de estas amplitudes relativas se denomina «curva elástica normal» para la frecuencia natural considerada.

El problema que, en definitiva, hemos de resolver, consiste en determinar el esfuerzo cortante adiccional, correspondiente al movimiento vibratorio, el cual habrá que agregar al correspondiente al par medio de torsión, y los momentos de flexión, debidos a la presión sobre el émbolo, a las fuerzas de inercia y a las variaciones bruscas de sección, etc., en el caso de motores.

Se denomina «esfuerzo nominal vibratorio» al máximo esfuerzo cortante, debido al par vibratorio, para cualquier sección de un eje circular que tenga en dicha sección los mismos diámetros exteriores e interiores que el eje considerado, y «esfuerzo de equilibrio», el correspondiente a la vibración natural.

Se denomina «pico de amplitudes» las amplitudes de la «vibración resonante amortiguada» para una frecuencia natural. Como veremos más tarde, teóricamente, la mayor amplitud en una vibración forzada amortiguada debida a un par armónico perturbador, se produce para una frecuencia ligeramente inferior a la frecuencia natural, pero en la práctica la diferencia entre la amplitud correspondiente a esta frecuencia y la definida anteriormente como «pico de amplitud» es tan pequeña que pueden considerarse sensiblemente iguales.

Sabemos que se denomina «grado de libertad» de un sistema mecánico cualquiera «el número mínimo de coordenadas necesarias para poder fijar su posición geométrica». Así, un sistema con un grado de libertad, indica que con un sólo número puede determinarse la posición geométrica del sistema.

Una vez hecha esta ligera introducción vamos a examinar bastante extensamente un sistema con un solo grado de libertad, para pasar más tarde a examinar los métodos prácticos para resolver los sistemas con varios grados de libertad.

2. *Sistemas con un solo grado de libertad.*

El sistema indicado en la fig. 1 constituye el clásico, denominado «péndulo simple de torsión», consistente en un disco de momento de inercia I, en el extremo de un eje sin masa, y con una constante de rigidez K. Esta constante representa el momento torsor que hay que aplicar al sistema, para producir en el disco una torsión de 1 radian. Evidentemente, la posición geo-

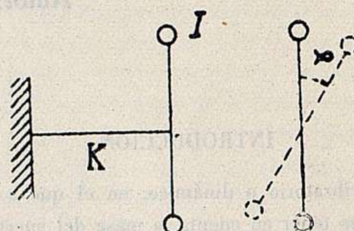


Fig. 1

métrica del sistema queda perfectamente determinada mediante el ángulo de torsión φ del disco, es decir, por un solo número. Vamos a exponer a continuación los diversos casos de vibración expuestos anteriormente.

a) *Vibración libre sin amortiguamiento.*

Apliquemos en el disco un par de torsión, suprimámoslo rápidamente y denominemos por φ, φ' y φ'' los desplazamientos, velocidades y aceleraciones angulares. Si consideramos los momentos torsores como positivos, cuando tienen el mismo sentido que las agujas de un reloj, al existir sobre el sistema únicamente pares elásticos restauradores, que suponemos proporcionales al desplazamiento angular, podemos establecer la siguiente ecuación del movimiento:

$$I \varphi'' + K \varphi = 0 \quad (1)$$

denominada «ecuación diferencial vibrante del momento de inercia I, cuyas variables independientes y dependientes son el tiempo t, y el ángulo de torsión φ.

La solución de esta ecuación puede expresarse en la forma

$$\varphi = A \cos (w_n t - \gamma) \quad (2)$$

siendo A y γ constantes arbitrarias, determinadas de acuerdo con las condiciones iniciales del movimiento. A, representa la amplitud, y γ el ángulo de desfasaje arbitrario, del movimiento armónico resultante. Sus valores se determinan por las condiciones en los límites. La constante w_n es denominada «frecuencia angular o circular natural» y se expresa en radianes por segundo, ella es igual a $2\pi f_n$, siendo f_n la «frecuencia natural» expresada en ciclos por segundo.

Substituyendo (2) en (1), obtenemos:

$$I w_n \varphi + K \varphi = 0$$

la que para ser verificada por cualquier valor de φ será preciso que

$$I\, w_n^2 = K$$

y

$$W_n = \sqrt{\frac{K}{I\, W_n^2}} \qquad (3)$$

Igualmente

$$f_n = \frac{W_n}{2\pi} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{K}{I\, W_n^2}} \qquad (4)$$

y

$$\tau_n = 2\pi\sqrt{\frac{I}{K}}$$

sindo τ_n el «período natural» en segundos.

Si el eje es circular

$$K = \frac{G\,\pi\, d^4}{32\, l} \qquad y \qquad \tau_n = 2\pi\sqrt{\frac{32\, l\, I}{G\,\pi\, d^4}} \qquad (5)$$

siendo d diámetro del eje, G = coeficiente de elasticidad transversal, l = longitud.

La ecuación (4) muestra que la frecuencia natural aumenta con la constante rigidez, disminuye con el momento de inercia I. y es independiente de las constantes A y γ.

Para determinar A y γ es preciso tener en cuenta las condiciones en los límites, es decir, en la iniciación del movimiento. Supongamos que en el instante inicial $\varphi = \varphi_0$ y $\varphi' = \varphi'_0$

$$\left.\begin{array}{l}\varphi_0 = A\cos\gamma \\ \varphi'_0 = W_n\, A\,\mathrm{sen}\,\gamma\end{array}\right\} (6) \qquad \tan\gamma = \frac{\varphi'_0}{\varphi_0\, W_n} = \frac{\varphi'_0}{\varphi_0}\sqrt{\frac{I}{K}} \quad (7)$$

Las (6) nos dan

$$\varphi_0^2 + \left(\frac{\varphi'_0}{W_n}\right)^2 = A^2\cos^2\gamma + A^2\,\mathrm{sen}^2\gamma = A^2$$

y

$$A = \sqrt{\varphi_0^2 + \frac{I}{K}\,\varphi_0'^2} \qquad (8)$$

Hemos obtenido la frecuencia natural del sistema considerado, estableciendo la ecuación diferencial del movimiento, partiendo de la condición del equilibrio dinámico. Sin embargo, esa misma ecuación puede ser obtenida, mediante la consideración de la energía total del sistema.

Este método se denomina «método de Rayleigh», y realmente no representa ninguna ventaja particular sobre el otro anterior, para la determinación de la ecuación diferencia. Sin embargo, en los problemas prácticos, donde el movimiento se supone armónico, y realmente lo único interesante, es la determinación de la frecuencia natural, presenta una mayor sencillez.

Para ello basta observar, que si no existen pares exteriores ni pérdidas de energía por frotamiento u otras causas, la energía total del sistema, es decir, la potencial más la cinética, debe permanecer constante, y por lo tanto, su derivada respecto al tiempo será nula.

Consideremos el mismo sistema indicado anteriormente.

La energía cinética será

$$E_c = \frac{1}{2}\, I\, \varphi'^2 \qquad (9)$$

La energía potencial de un elemento diferencial, será

$$M_t\, d\varphi = K\,\varphi\, d\varphi$$

y la total

$$E_p = \int_0^{\varphi} M_t\, d\varphi = \int_0^{\varphi} K\,\varphi\, d\varphi = \frac{1}{2}\, K\,\varphi^2 \qquad (10)$$

Sumando (9) y (10), obtendremos la energía total.

$$E_T = \frac{1}{2}\, I\,\varphi'^2 + \frac{1}{2}\, K\,\varphi^2 = \text{constante} \qquad (11)$$

Si derivamos (11) respecto a t, tendremos

$$I\,\varphi'\,\varphi'' + K\,\varphi\,\varphi' = 0 \qquad (12)$$

Dividiendo por φ', lo cual es correcto, ya que si existe movimiento φ', no puede ser cero, para todos los valores de t se llega a

$$I\,\varphi'' + K\,\varphi = 0$$

que es la misma ecuación obtenida anteriormente. Si queremos examinar las ventajas anteriormente mencionadas, supongamos como ya hemos indicado que el movimiento es armónico, de acuerdo con (2), lo que nos conducirá a

$$\varphi = A\cos\left(W_n\, t - \gamma\right) \quad \varphi' = -\, W_n\, A\,\mathrm{sen}\left(W_n\, t - \gamma\right)$$

$$\varphi'' = -\, W_n^2\, A\cos\left(W_n\, t - \gamma\right)$$

donde A es el máximo desplazamiento, $W_n\, A$ y $W_n^2\, A$ las máximas velocidades y aceleraciones absolutas. En la posición neutra $\varphi = 0$ y la energía potencial será nula, luego la cinética será máxima, es decir, corresponderá al máximo de la velocidad, por lo tanto

$$E_c\, \max = \frac{1}{2}\, I\left(W_n\, A\right)^2 \qquad (14)$$

En las posiciones extremas, la velocidad será nula, y por lo tanto, la energía potencial será máxima, luego

$$E_p\, \max = \frac{1}{2}\, K\,(\varphi\, \max)^2 = \frac{1}{2}\, K\, A^2 \qquad (15)$$

Por ser la energía potencial constante, se tendrá que verificar que

$$\frac{1}{2}\, I\, W_n^2\, A^2 = \frac{1}{2}\, K\, A^2 \qquad (16)$$

y

$$W = \sqrt{\frac{K}{I}} \qquad (17)$$

que es la misma expresión obtenida anteriormente. Como hemos indicado en la introducción, las oscilaciones que adquiere el sistema pueden representarse por una curva que indique los des-

plazamientos o amplitudes angulares en las distintas secciones, que hemos denominado «Amplitudes de Equilibrio». Igualmente puede construirse la curva de los esfuerzos correspondientes a estos desplazamientos, a los que hemos denominado «Esfuerzos de Equilibrio».

Conviene observar, que en el caso considerado, la frecuencia de vibración es dependiente de la constante física K del sistema, en cambio la amplitud y la fase de la oscilación, son completamente arbitrarias.

b) *Vibración forzada sin amortiguamiento.*

Examinemos ahora la conducta del mismo sistema indicado anteriormente, en el supuesto de que sobre el disco, actúe continuamente un par de variación armónica $M_t \cos wt$.

En estas condiciones, el disco está forzado a vibrar con la misma frecuencia que el par, excepto para una vibración libre inicial, la cual en todos los sistemas prácticos es amortiguada muy rápidamente.

La condición del equilibrio dinámico se obtendrá en este caso de la ecuación

$$I\varphi'' + K\varphi = M_t \cos \omega t. \qquad (18)$$

La frecuencia del par es $\dfrac{W}{2\pi}$

Si ponemos $\varphi = \Phi \cos \omega t$ donde Φ es la amplitud máxima de φ, tendremos

$$\varphi' = \omega \Phi \operatorname{sen} \omega t. \qquad (20)$$

$$\varphi'' = -\omega^2 \Phi \cos \omega t = -\omega^2 \varphi \qquad (21)$$

con lo que la ecuación (18) tomará la forma

$$-I\omega^2\varphi + K\varphi = M_t \cos \omega t. \qquad (22)$$

Siempre que $K - I\omega^2$ 0 esta ecuación será satisfecha por

$$\varphi = \frac{M_t \cos \omega t}{K - I\omega^2} \qquad (23)$$

y de acuerdo con (19)

$$\Phi = \frac{M_t}{K - I\omega^2} \qquad (24)$$

A M_t/K lo designamos por φes, ya que indica la deformación angular que sufriría el eje, bajo la acción de un par constante, igual a la amplitud M_t del par armónico $M_t \cos wt$. Teniendo en cuenta que $W_n = \sqrt{\dfrac{K}{I}}$ la expresión (24) se convertirá en

$$\Phi = \frac{1}{1 - \dfrac{W^2}{W_n^2}} \varphi es \qquad (25)$$

Si a $\dfrac{w}{w_n}$ lo designamos por r, a quien se denomina «relación de frecuencias» tendremos

$$\Phi = \frac{1}{l - r^2}\varphi es \quad (26) \quad y \quad \Phi/\varphi es = \frac{1}{1 - r^2} \quad (27)$$

A $\Phi/\varphi es$ se denomina «factor de ampliación dinámica», ya que representa el factor por quien hay que multiplicar, la deformación angular estática, para obtener la amplitud máxima de vibración, y se le designa por F. A.

De todo lo expuesto se deduce que la solución general constará de dos partes: la vibración forzada dada por (23) de frecuencia $\dfrac{w}{2\pi}$ igual a la del par, y la vibración libre, cuya frecuencia natural dada por (4) es

$$f_n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{K}{I}}$$

Por lo tanto, el movimiento resultante no será armónico, ya que es la suma de dos movimientos armónicos de distinta frecuencia. En la práctica existe siempre algún amortiguamiento, por lo que la vibración libre desaparece con relativa rapidez, permaneciendo únicamente la vibración forzada. Por esta causa, en los problemas prácticos, sólo se considera esta vibración, la cual, como hemos visto, es armónica, con la misma frecuencia del par. Igualmente se comprueba de (19) que esta oscilación está en fase con el par. De (26) se desprende que Φ es función de r, pudiendo hacerse negativa, cuando $r > 1$, es decir, cuando la frecuendel par es superior a la frecuencia natural. Cuando esto ocurre, la oscilación y el par dejan de estar en fase, para colocarse en oposición, es decir, 180º. El signo de la amplitud no tiene valor práctico, ya que lo realmente interesante es su valor absoluto.

La fig. 2 es la representación gráfica de la ecuación (27). En ella vemos que para $r = 1$, condición que se denomina de «resonancia», la amplitud de la vibración se hace infinito. Ello es debido a que la solución encontrada cae en defecto en ese caso, por haber dividido, al pasar de la (22) a la (23) por el factor $K - Iw^2$ el cual se anula cuando $r = 1$ $w = w_n$.

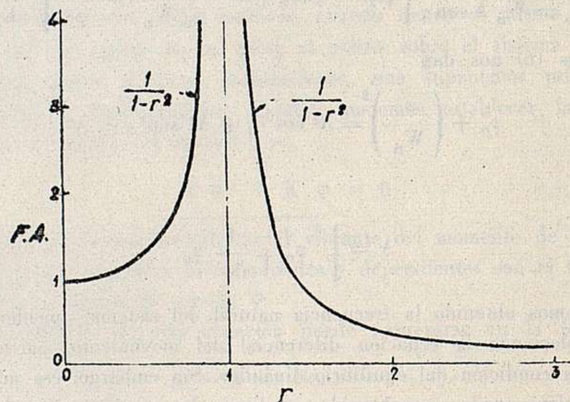


Fig. 2

En este caso particular, se resuelve la ecuación del siguiente modo.

La ecuación (18) puede ahora ponerse en la forma

$$\varphi'' + W_n^2\varphi = \frac{M_t}{I} \cos \omega_n t \qquad (28)$$

que tiene la solución particular

$$\varphi = Bt \operatorname{sen} \omega_n t \qquad (29)$$

De ésta obtenemos

$$\varphi' = \omega_n Bt \cos \omega_n t + B \operatorname{sen} \omega t \qquad (30)$$

$$\varphi'' = -\omega_n^2 Bt \operatorname{sen} \omega_n t + 2 B \cos \omega_n t \qquad (31)$$

que substituídas en (28) nos da

$$2 \omega_n B \cos \omega_n t = \frac{M_t}{I} \cos \omega_n t \qquad (32)$$

y

$$B = \frac{M_t}{2 \omega_n I} = \frac{M_t \omega_n}{2K} = \frac{\omega_n}{2} \varphi es \qquad (33)$$

que substituída en (29) nos da para $r = 1$ la solución

$$\varphi = \frac{\omega_n t}{2} \varphi_{es} \operatorname{sen} \omega_u t = \frac{\omega_n t}{2} \varphi_{es} \cos \left(\omega_n t - \frac{\pi}{2} \right) \qquad (34)$$

Esta expresión nos indica que la deformación angular está defasada respecto al par, con un retardo de 90°.

Puede decirse por todo lo expuesto, que para pequeños valores de r la amplitud de la vibración forzada es prácticamente igual a φ_{es}, para valores muy grandes de r dicha amplitud se hace prácticamente cero, y únicamente para valores de r próximos a la unidad, esa amplitud adquiere valores muy grandes, dependiendo el valor máximo, de φ_{es}, es decir, de la amplitud del par aplicado.

En el caso extremo de $w_n = 0$, y, por lo tanto, $r = \infty$, el valor de la amplitud Φ no se hará cero, sino que será obtenido de (24) para $K = 0$, o sea

$$\Phi = -\frac{M_t}{I \omega^2} \qquad (35)$$

c) *Vibración libre con amortiguamiento.*

Como hemos indicado anteriormente, en la práctica nunca se realizan los problemas, tal como los hemos expuesto, ya que siempre existen fuerzas internas o externas más o menos grandes que se oponen al movimiento.

Como ya hemos indicado, los tipos más corrientes de los pares amortiguadores son:

1.° Flúidos; 2.° Fricción seca o amortiguamiento de Coulemb; 3.° Fricción seca o amortiguamiento de histéresis. (Par interno.)

Los pares fluídos pueden considerarse proporcionales a la velocidad, o a su cuadrado, según que el número de Reynolds sea pequeño a grande.

Los pares de fricción sólida son una de las formas más importantes de amortiguamiento en las aplicaciones prácticas.

Este amortiguamiento aparece en todos los sistemas con pares elásticos recuperadores o restauradores, aunque nunca es lo suficientemente grande para constituir el factor decisivo en la limitación de la amplitud de la oscilación.

Como hemos indicado cuando un material se somete a esfuerzos alternativos, el diagrama esfuerzos, deformaciones, tiene la forma indicada en la fig. 3, que representa un ciclo de histéresis. Pues bien, el amortiguamiento es proporcional al área de dicho ciclo, ya que él representa la energía disipada por unidad de volumen, que se ha transformado en calor, sin duda a causa del rozamiento interno. Sabemos también que dicha área depende solamente del margen de esfuerzos, siempre que el máximo esfuerzo sea inferior al límite elástico. En la fig. 4 se indica, lo que se entiende por margen de esfuerzos, esfuerzos máximo, mínimo, medio y amplitud de esfuerzos. Generalmente se expresa el área del ciclo como una función de la amplitud de esfuerzos.

En aceros dulces se ha comprobado experimentalmente que ella es independiente de la frecuencia, y aproximadamente igual a la potencia 2,3 de la amplitud de esfuerzos, cuando ésta es inferior a 8.000 lbs/pulg².

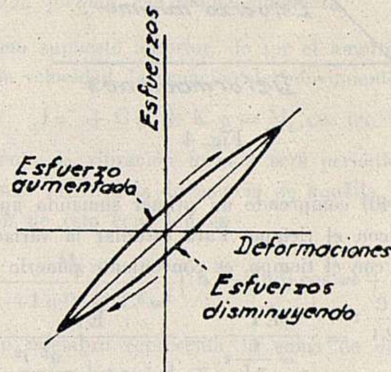


Fig. 3

En este caso, el estudio matemático no puede realizarse con facilidad más que en el caso particular, de fuerzas flúidas proporcionales a la velocidad. Sin embargo, para otras clases de amortiguamiento, se emplea el artificio denominado «amortiguamiento viscoso equivalente», con el que, con suficiente aproximación, se pueden investigar las proximidades de la «resonancia».

Si designamos por C al coeficiente de proporcionalidad, la ecuación del movimiento será

$$I \varphi'' + C \varphi' + K \varphi = 0 \qquad (36)$$

La solución normal de esta ecuación es

$$\varphi = A e^{r_1 t} + B e^{r_2 t} \qquad (37)$$

donde r_1 y r_2 son las raíces de la ecuación

$$I r^2 + C r + K = 0 \qquad (38)$$

Para la resolución de este problema, sabemos hay que considerar tres casos

$$(m) \ \frac{C^2}{4I} - \frac{K}{I} > 0 \quad (n) \ \frac{C^2}{4I} - \frac{K}{I} = 0, \quad (p) \ \frac{C^2}{4I} - \frac{K}{I} < 0$$

Las soluciones completas de estos tres casos son las siguientes:

$$(m) \quad \varphi = A e^{\left[-\frac{C}{2I} + \sqrt{\left(\frac{C}{2I}\right)^2 - \frac{K}{I}} \right] t} + B e^{\left[-\frac{C}{2I} - \sqrt{\left(\frac{C}{2I}\right)^2 - \frac{K}{I}} \right] t} \qquad (39)$$

$$(n) \quad \varphi = D e^{-\frac{C}{2I} t} + E t e^{-\frac{C}{2I} t} \qquad (40)$$

$$(p) \quad \varphi = F e^{-\frac{C}{2I} t} \cos \left[\sqrt{\frac{K}{I} - \left(\frac{C}{2I}\right)^2} \right] t - G \qquad (41)$$

La solución (39) representa un movimiento aperiódico, ya que los exponentes son negativos, y por lo tanto disminuyen con el tiempo.

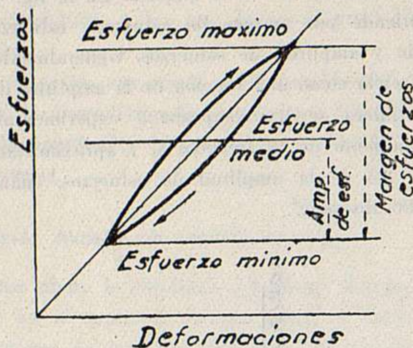


Fig. 4

La solución (40) comprende un primer sumando aperiódico, ya que disminuye con el tiempo. Para estudiar la variación del segundo sumando con el tiempo, es conveniente ponerlo en la forma

$$E t e^{-\frac{C}{2I}t} = \frac{E t}{e^{\frac{C}{2I}t}} = \frac{E t}{1 + a t + \frac{a^2 t^2}{C_L^2}} =$$

$$= \frac{E}{\frac{1}{t} + a + \frac{a^2 t}{L^2} + \frac{a^3 t^2}{L^3}}$$

que nos indica que este sumando también disminuye con el tiempo.

Esta solución es el caso límite de movimiento aperiódico, y el valor correspondiente de C se denomina «amortiguamiento crítico» y se designa por C_{cr}, cuyo valor obtenido de (n) es

$$C_{cr} = 2\sqrt{KI}$$

A la relación $b = C/C_{cr}$ se denomina «factor de *amortiguamiento*», y según que $b > 1$ ó $b < 1$, el movimiento será aperiódico o periódico, siendo su valor crítico para $b_{cr} = 1$.

Las ecuaciones (39), (40) y (41) pueden ahora obtenerse en función de b y de $w_n = \sqrt{\frac{K}{I}}$ ya que

$$\frac{c}{2I} = \left(\sqrt{b^2 - 1}\right) w_n \tag{42}$$

$$\frac{c^2}{4I^2} = (b^2 - 1)\, w_n^2 \tag{43}$$

Luego si

$$b > 1 \quad \varphi = A\, e^{\left(-b + \sqrt{b^2 - 1}\right) w_n t} + B\, e^{\left(-b - \sqrt{b^2 - 1}\right) w_n t} \tag{44}$$

$$b = 1 \quad \varphi = (D + Et)\, e^{-w_n t} \tag{45}$$

$$b < 1 \quad \varphi F e^{-b w_n t} \cos\left[\left(\sqrt{1 - b^2}\right) w_n t - G\right] \tag{46}$$

En la fig. 5 se ha construído gráficamente las ecuaciones (44) para $b = 2$ y $b = 4$, y la (45) $(b = 1)$ en función de $w_n t$ tomando para condiciones iniciales $t = 0_n$ $\varphi = 0$,, $\varphi' = w_n$.

En esta figura se observa, que cuanto mayor es el factor de amortiguamiento para pequeños valores de $w_n t$ menor es la amplitud de la vibración. Ocurre lo contrario para grandes valores de $w_n t$.

El movimiento representado por la ecuación (46) es la de un movimiento periódico de frecuencia angular

$$w_a = \left(\sqrt{1 - b^2}\right) w_n \tag{47}$$

pero de amplitud decreciente.

El período en segundos de este movimiento será

$$\tau_a = \frac{2\pi}{\left(\sqrt{1 - b^2}\right) w_n} = \frac{\tau n}{\sqrt{1 - b^2}} \tag{48}$$

siendo τ_n el período natural en la vibración libre, es decir $\tau_n = \frac{1}{f_n}$ y su frecuencia

$$f_a = \frac{1}{\tau a} = \left(\sqrt{1 - b^2}\right) f_n \tag{49}$$

De la ecuación (48) se deduce, que para valores muy pequeños de b el período del movimiento es amortiguado, es muy próximo al período natural, y que a medida que aumenta b, aumenta el período. Con la frecuencia se observa igualmente, que para valores muy pequeños de b, ella es muy próxima a la natural.

La ecuación (47) nos dice lo mismo respecto a la frecuencia angular.

Como en los sistemas corrientemente empleados en la práctica $b < 0{,}1$ valor que sin gran error nos permite substituir en los cálculos $\tau_a f_a$ y W_a por $\tau_n f_n$ y W_n. Esto nos indica que en la práctica el amortiguamiento ejerce muy poca influencia sobre el movimiento.

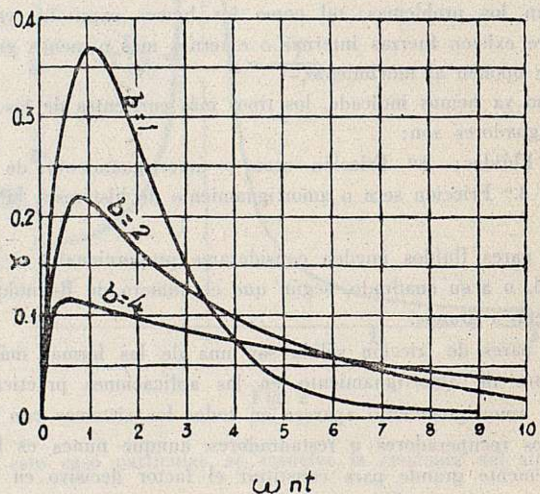


Fig. 5

La ecuación (46) puede ponerse en la forma

$$\varphi = F e^{-\frac{b}{\sqrt{1 - b^2}} w_n t} \cos(w_a t - G) \tag{50}$$

La fig. 6 corresponde a la representación gráfica de la ecuación (47) para los siguientes valores de b

$$b = 0{,}1 \qquad b = 0{,}25 \quad \text{y} \quad b = 0{,}5$$

Para condiciones iniciales se han tomado las mismas que en la figura anterior.

De dicha figura se comprueba lo rápidamente que desaparece la vibración, cuando el factor de amortiguamiento b, toma grandes valores.

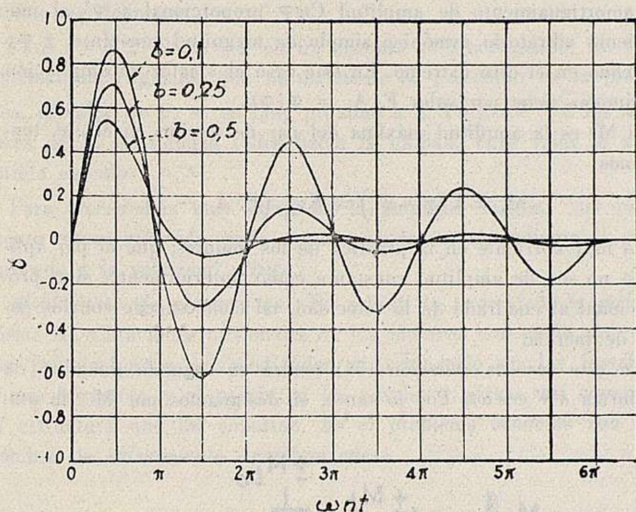


Fig. 6

La fig. 7 representa gráficamente la ecuación (50) estando trazada en ella la función

$$Fe^{-\frac{b}{\sqrt{1-b^2}}\omega_a t}$$

Aunque los distintos valores máximos de la amplitud no corresponden exactamente a los puntos de tangencia de las dos funciones mencionadas, es tan poca la diferencia entre estos valores que prácticamente se toman para máximos de φ los valores correspondientes a cos $(w_a t - G) = 1$, ya que así son mucho más fácil de obtener.

En este supuesto, la relación entre los valores de dos amplitudes consecutivas φ_m y φ_{m+1} tendrán por valor

$$\frac{\varphi_m}{\varphi_{m+1}} = \frac{e^{-\frac{b}{\sqrt{1-b^2}}\omega_a t_m}}{e^{-\frac{b}{\sqrt{1-b^2}}\left(\omega_a t_m + 2\pi\right)}} = e^{\frac{2\pi b}{\sqrt{1-b^2}}} \qquad (51)$$

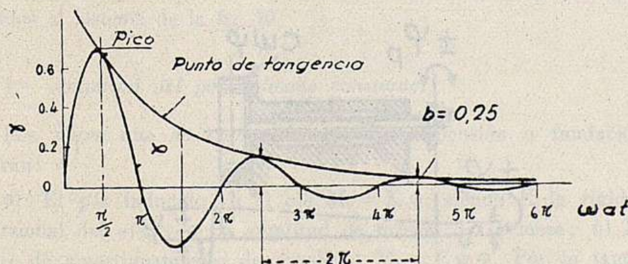


Fig. 7

Tomando logaritmos

$$ln\,\varphi_m - ln\,\varphi_{m+1} = \frac{2\pi b}{\sqrt{1-b^2}} = \delta \qquad (52)$$

A δ se denomina «decremento logarítmico» del movimiento periódico decreciente.

En los casos prácticos al ser b muy pequeño

$$\delta = 2\pi b \qquad (53)$$

lo que nos indica que el decremento logarítmico δ será también pequeño.

d) *Vibración forzada con amortiguamiento.*

En el mismo supuesto anterior, de ser el amortiguamiento proporcional a la velocidad, la ecuación del movimiento será

$$I\varphi'' + C\varphi' + K\varphi = M_t \cos \omega t \qquad (54)$$

Evidentemente, la vibración forzada será periódica como el par aplicado, siendo idéntica la frecuencia de aquélla y éste.

La solución de esta ecuación es

$$\varphi = \frac{M_t}{(K - I\omega^2)^2 + C^2\omega^2}\left[(K - I\omega^2)\cos wt + cw \operatorname{sen} wt\right] \qquad (55)$$

El segundo miembro representa la suma de dos movimientos armónicos del mismo período $\frac{2\pi}{w}$, que puede transformarse en un solo movimiento armónico resultante

$$\varphi = \frac{M_t}{\sqrt{(K - I\omega^2) + C^2\omega^2}} \cos(\omega t - \gamma) \qquad (56)$$

con φ = ángulo, cuya tangente es $\frac{cn}{K - I\omega^2}$ (57)

Estas dos expresiones pueden expresarse en función de la relación de frecuencia r, el factor de amortiguamiento b, la frecuencia natural angular w_n y de la deformación estática $\varphi_{es} = \frac{M_t}{K}$ del siguiente modo,

$$\varphi = \frac{\varphi_{es}}{\sqrt{(1-r^2)^2 + 4b^2r^2}} \cos(\omega t - \gamma) = \Phi \cos(wt - \gamma) \qquad (58)$$

$$\gamma = \text{ángulo cuya tangente es } \frac{2br}{1 - r^2} \qquad (59)$$

Estas ecuaciones nos indican que la vibración forzada tiene el mismo período que el par aplicado, pero está defasada respecto a éste el ángulo γ, que depende de la relación de frecuencias y del factor de amortiguamiento. La ecuación (59) nos indica que para $r = 1 . \gamma = 90°$. Además se comprueba que para pequeños valores de b en las proximidades de $r = 1$, varía muy rápidamente con b. Cuando r es muy pequeño lo mismo le ocurre a γ. En cambio, cuando r tiende a ∞, γ tiende a 180°.

En este caso el factor de «amplificación dinámica» tendrá por valor

$$F.\,A. = \frac{\Phi}{\varphi_{es}} = \frac{1}{\sqrt{(1-r^2)^2 + 4b^2r^2}} \qquad (60)$$

La fig. 8 indica la representación de F. A. en función de r

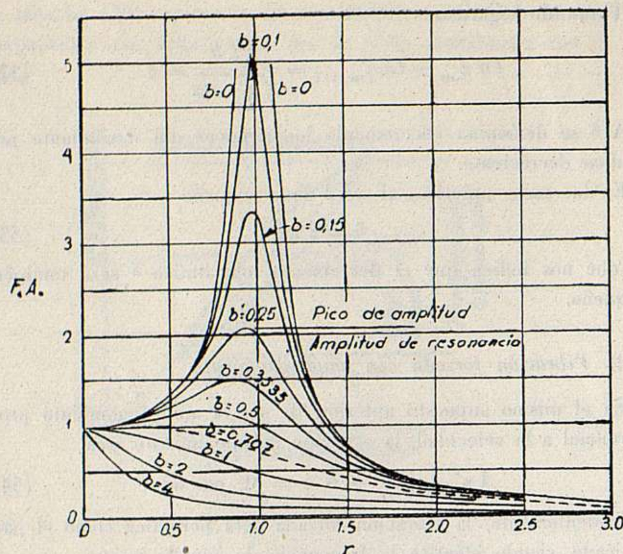


Fig. 8

para distintos valores de b. En ella vemos que cuanto mayor sea b, tanto menor es el factor F. A. y menor es el valor de r para el cual aquel adquiere su valor máximo. También nos muestra que la amplitud máxima no coincide con la condición de resonancia $r = 1$, sino que aquélla corresponde a valores de r ligeramente inferiores a este valor. Para valores pequeños de b el factor F. A. tiene prácticamente el mismo valor que para el sistema sin amortiguamiento, excepto para $r = 1$.

Como en la práctica, según hemos indicado anteriormente, podemos decir que la condición de resonancia corresponde muy

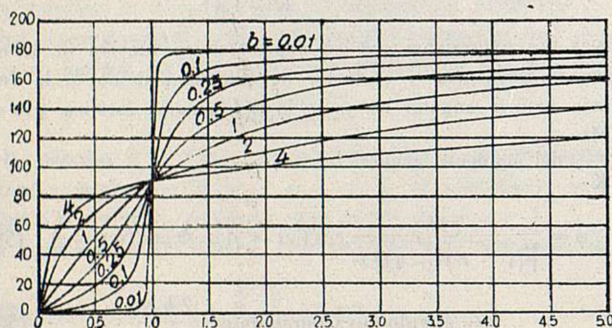


Fig. 9

aproximadamente a la máxima amplitud, la cual puede determinarse fácilmente, haciendo $r = 1$ en (58) obtendremos

$$\Phi = \frac{\varphi_{es}}{2b} = \frac{M_t}{C w_n} \qquad (61)$$

siendo de (60) F. A. $\frac{1}{2b}$

La fig. 9 nos da la representación gráfica de la variación del ángulo de fase γ, en función de r, para distintos valores del factor de amortiguamiento b.

Las curvas de resonancia de la fig. 8 pueden aplicarse al sistema indicado en la fig. 10, constituído por un disco 1 al que se aplica un par armónico de amplitud M_{to}, y un anillo de amortiguamiento fijado por un tubo exterior al eje de rigidez K.

En la misma figura se indican también los valores de los ángulos de torsión $\varphi_o = \frac{M_{to}}{K}$; $y . \varphi$ que corresponde a la amplitud máxima de la torsión del eje, para cualquier relación de frecuencia.

Dichas curvas son igualmente aptas para el sistema de la figura 11, en el que mediante un anillo de fricción se aplica un par de amortiguamiento de amplitud $C w \varphi$ proporcional a φ' al movimiento vibratorio armónico simple de magnitud constante $\pm \varphi p$ aplicado en el otro extremo. En este caso el «factor de ampliación dinámica» tiene por valor F. A. $= \varphi/\varphi p$.

Si M_t es la amplitud máxima del par de torsión en el eje, tendremos

$$M_t = K\left(\varphi - \varphi_p\right) = K\,\varphi_p\left(\text{F. A.} - 1\right)$$

Es muy corriente en la práctica de los motores, que el par aplicado no sea de amplitud constante como anteriormente, sino proporcional al cuadrado de la velocidad, tal como sucede con los pares de inercia.

En este caso la ecuación (54) tendrá su segundo miembro de la forma $a N^2 \cos wt$. Por lo tanto, si designamos por M_{tc} la am-

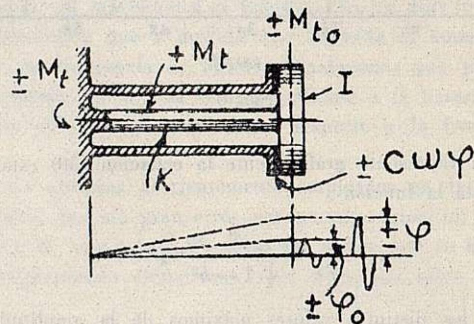


Fig. 10

plitud del par aplicado, correspondiente a la velocidad de resonancia ($r = 1$) para otra velocidad cualquiera, la amplitud será

$$M_{tn} = \left(\frac{N}{N_e}\right)^2 M_{tc} = \left(\frac{W}{W_c}\right)^2 M_{tc} = r^2 M_{tc}$$

Luego dicha ecuación tomará la forma

$$I\varphi'' + C\varphi' + K\varphi = r^2 M_{tc} \cos wt \qquad (62)$$

En este caso, se designa el factor ampliación F. A. por la relación M_t/M_{tc}, siendo M_t la amplitud máxima del par vibratorio inducido en el eje.

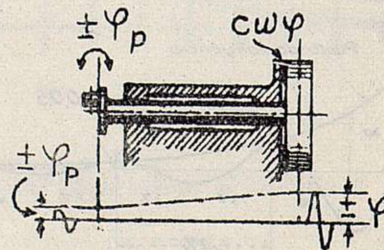


Fig. 11

Mediante las ecuaciones (54) y (62) obtenemos

$$\text{F. A.} = \frac{r^2}{\sqrt{(1 - r^2)^2 + 4\,b^2\,r^2}} \tag{63}$$

Esta expresión está representada gráficamente en la fig. 12, que lógicamente se puede obtener de la fig. 8, sin más que multiplicar las ordenadas por r^2.

Comparando estas figuras se comprueba que para $r = 1$, los factores de amplitud para los diferentes factores de amortiguamiento son idénticos.

Para $r = \sqrt{2}$ F. A. = 2 en un sistema no amortiguado. En los sistemas amortiguados que normalmente se presentan en la práctica, el valor de F. A. es muy próximo a 2. Para $r > \sqrt{2}$ los valores de F. A. tienden todos hacia la unidad, cuyo valor lo adquiere cuando $r = \infty$.

Para frecuencias muy elevadas, la amplitud máxima del momento torsor inducido, es la misma que la correspondiente al par aplicado a la velocidad crítica.

Aislamiento de vibraciones.—Es sabido la necesidad de poder aislar las vibraciones torsionales de los motores, con el fin de evitar principalmente incomodidades al vecindario en las instalaciones terrestres, y al pasaje en las navales y aéreas, así como a la estructura que los soportan. Es el problema conocido con el nombre de «*aislamiento de vibraciones*».

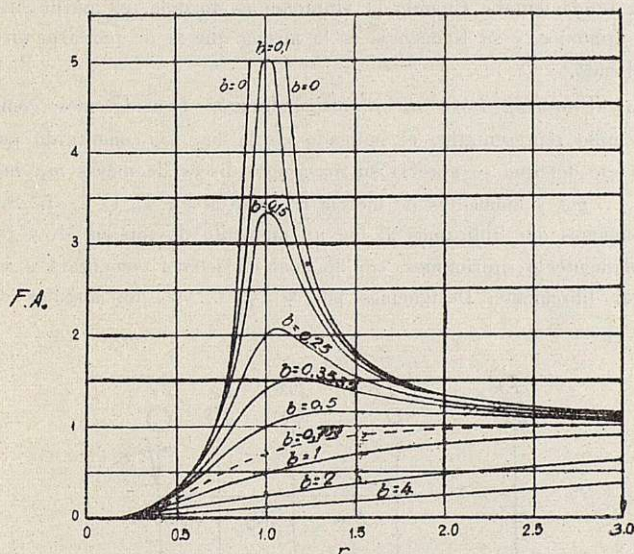


Fig. 12

Vamos a considerar los dos casos examinados anteriormente aplicados al sistema de la fig. 10.

1.º *Amplitud del par aplicado constante.*

Los pares que se transmitirán a la suspensión o fundación serán:

a) El par inducido en el eje $M_t = K\,\varphi$, siendo K la rigidez torsional del eje, y φ la amplitud de torsión de la masa; *b*) El par de amortiguamiento de amplitud $M_t = C\,w\,\varphi$. Por lo tanto, teniendo en cuenta que M_t está en fase con φ, y en cambio M_t lo está con φ', estarán dichas magnitudes decaladas 90º; luego la amplitud total resultante tendrá por valor

$$M_t = \varphi\,\sqrt{K^2 + (C\,w^2)} \tag{64}$$

Ahora bien, como $2\,b = C\,I\,w_c$ tendremos

$$M_T = \varphi\,\sqrt{K^2 + (2\,b\,I\,w\,w_c)^2} \tag{65}$$

Por lo tanto, el «factor de transmitabilidad» a la suspensión o cimentación, tendrá por valor F. T = M_T/M_{to}, siendo M_{to} la amplitud del par aplicado.

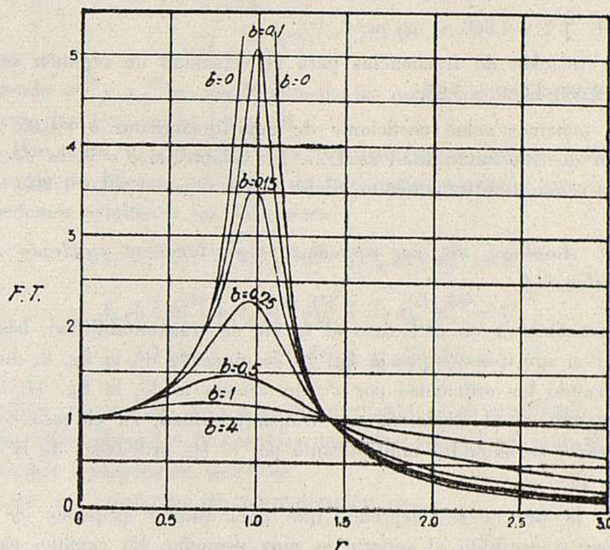


Fig. 13

Ahora bien, el «factor de ampliación dinámica» F. A. en el caso considerado, tiene por valor

$$\text{F. A.} = \varphi/\varphi_{es} = \frac{1}{\sqrt{(1 - r^2)^2 + 4\,b^2\,r^2}}$$

$M_{to} = \varphi_{es}\,K$ luego

$$\frac{M_T}{M_{to}} = \sqrt{\frac{1 + 4\,b^2\,r^2}{(1 - r^2)^2 + 4\,b^2\,r^2}} \tag{67}$$

Esta ecuación está representada gráficamente en la fig. 13 para diversos valores de *b*.

Comparando esta figura con la fig. 8, se comprueba en las dos que para una relación de frecuencia igual a $\sqrt{2}$, el factor de ampliación dinámica, es menor que la unidad, cualquiera que sea el factor de amortiguamiento. Sin embargo, para valores mayores a $\sqrt{2}$ en la fig. 13 se comprueba, que cuanto mayor es *b* menor es F. A., sucediendo lo contrario en la fig. 8. Esto nos indica que para valores de la relación de frecuencia superiores a $\sqrt{2}$, el valor de F. T. aumenta con *b*. Es decir, que para esos valores de la frecuencia, el efecto del amortiguamiento es perjudicial, ya que aumenta la amplitud de la vibración.

De todo lo expuesto se desprende que *r* debe ser mayor que $\sqrt{2}$ (alrededor de 3 ó 4 $\sqrt{2}$), y *b* únicamente lo suficientemente grande para evitar el peligro en el paso de la velocidad de resonancia, pero no más.

Por lo tanto, si hacemos el estudio para el armónico 1/2 en un motor de cuatro tiempos, al que corresponde la frecuencia menor (un impulso por cada dos vueltas) nos encontraremos en condiciones más favorables, para los de orden superior.

En la actualidad se aislan las vibraciones mediante piezas de caucho, y se opera del siguiente modo:

Consideremos un motor de seis cilindros de cuatro tiempos, cuyas velocidades de régimen y vacío son 2.000 y 500 r. p. m. La frecuencia del armónico de orden 1/2, para la velocidad de vacío será $3 \times 500 = 1.500$ impulsos por minuto. Por lo tanto, la frecuencia del conjunto cárter montaje, se proyecta igual a $1.500/\sqrt{2} = 1.060$ r. p. m.

La relación de frecuencias para la velocidad de régimen será $3 \times 2.000/1.060 = 5,65$.

Si tomamos como coeficiente de amortiguamiento $b = 0,05$, el factor de transmitabilidad es 1/27. En cambio, si $b = 0$, es decir, si no existe amortiguamiento, dicho factor tiene el valor 1/30.

2.º *Amplitud del par aplicado proporcional al cuadrado de la velocidad.*

Para obtener en este caso el factor de transmitabilidad, basta observar que puesto que la fig. 13 es obtenida de la fig. 8, multiplicando las ordenadas por r^2, del mismo modo, la fig. 14, correspondiente al coeficiente de transmitabilidad, en el caso considerado, se obtendrá multiplicanlo por r^2 las ordenadas de la figura 12.

De la fig. 14 se desprende que para valores pequeños de r el par transmitido al soporte es muy pequeño. En cambio, para grandes valores de r, el par transmitido se aproxima a M_{tc}.

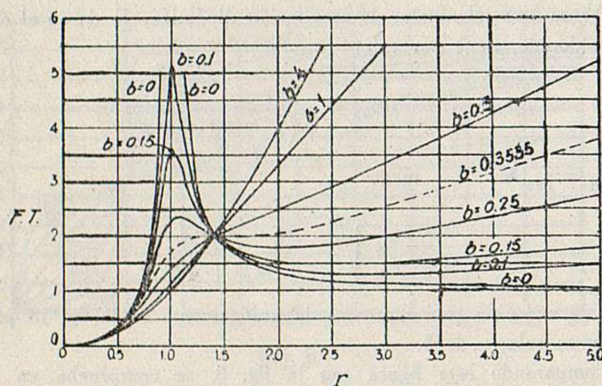


Fig. 14

El efecto del amortiguamiento es beneficioso para valores de $r < \sqrt{2}$, y perjudicial para los correspondientes a $r > \sqrt{2}$. Para $b = \infty$ se obtiene F. T. $= M_{tc}{}^{r^2} = M_{tn}$, es decir, que el factor de transmitabilidad es igual al par aplicado para cualquier velocidad N, cuya relación de frecuencias es r.

Por esta razón, si en la fig. 14 trazásemos la parábola F. T. $= M_{tc}{}^{r^2}$ nos daría la magnitud del par aplicado para cualquier relación de frecuencia, en función del par aplicado a la velocidad de resonancia $r = 1$. Para valores de $r < \sqrt{2}$, dicha parábola está por debajo de las demás curvas; por lo tanto, el par transmitido es siempre superior al par aplicado. Lo contrario ocurre para valores de $r > \sqrt{2}$.

3.º *Sistemas con más de un grado de libertad.*

Hemos discutido anteriormente en su totalidad el sencillo problema de la vibración de un sistema con un grado de libertad. habiéndose sacado las consecuencias: *a*), que la vibración libre es armónica; *b*), que la frecuencia natural se determina fácilmente; *c*), que cuando la vibración forzada es debida a un par armónico, el movimiento es armónico, y su frecuencia es la misma que la del par. Ahora vamos a examinar los sistemas con más de un grado de libertad, siendo precisamente los sometidos a vibraciones torsionales los que constituyen el problema más importante. Infinidad de casos prácticos, tales como el de motores alternativos de varios cilindros, compresores, alas de avión, rotores de helicópteros, etc., son ejemplos del problema vibratorio de torsión con varios grados de libertad.

El problema que ahora tratamos es bastante más complejo que el anterior, de tal modo, que, como veremos más tarde, la vibración libre de un tal sistema, ya en general, no es armónica, sino que es la suma de varios movimientos armónicos, de tantas frecuencias como grados de libertad posee el sistema. Estas frecuencias, como dijimos, reciben el nombre de «frecuencias naturales o principales». La frecuencia más baja es llamada «frecuencia fundamental». Cuando la vibración es forzada, el movimiento es armónico, y su frecuencia es la misma que la de par armónico aplicado.

a) *Vibración libre sin amortiguamiento.*—Consideremos como ejemplo representativo el indicado en la fig. 15, constituído por un eje del que se aprecia su masa y n discos de masas m_1, m_2, m_3 ... m_n, y momentos de inercia respecto al eje I_1, I_2, ... I_n. Supongamos que aplicamos al eje un momento de torsión M_t y rápidamente lo suprimimos, con lo cual el sistema comenzará a vibrar libremente. Designemos por φ_1, φ_2 ... φ_n los ángulos de

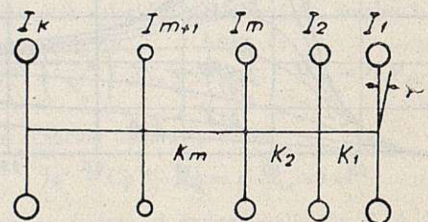


Fig. 15

torsión experimentados por cada uno de los discos. Como al cesar el par no existen fuerzas exteriores para que exista equilibrio, será preciso que en cada disco se verifique que $I \dfrac{d^2 \varphi}{dt^2}$ debe ser igual al par elástico. Este par en cada disco representa la diferencia entre los pares a su derecha y a su izquierda. Por lo tanto, si designamos por K_1, K_2 ... K_n las constantes de rigidez torsional de cada tramo, las ecuaciones de equilibrio para cada disco considerado inlividualmente, serán

$$I_1 \varphi_1'' + K(\varphi_1 - \varphi_2) = 0$$

$$I_2 \varphi_2'' + K_1(\varphi_2 - \varphi_1) + K_2(\varphi_2 - \varphi_3) = 0$$

$$I_3 \varphi_3'' + K_2(\varphi_3 - \varphi_2) + K_3(\varphi_3 - \varphi_4) = 0 \qquad (1)$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$

$$I_{n-1} \varphi_{n-1}'' + K_{n-2}(\varphi_{n-1} V - \varphi_{n-2}) + K_{n-1}(\varphi_{n-1} - \varphi_n)$$

$$I_n \varphi_n'' + K_{n-1}(\varphi_n - \varphi_n) = 0$$

La resolución de este sistema de ecuaciones nos dará φ_1, φ_2 — — φ_n, es decir, la solución del problema. Pero cuando el movimiento es armónico, puede sustituirse la relación del sistema de ecuaciones diferenciales por la de un sistema de ecuaciones algebraicas, para lo cual pondremos

$$\left.\begin{array}{l} \varphi_1 = a_1 \operatorname{sen} wt \\ \varphi_2 = a_2 \operatorname{sen} wt \\ \cdots\cdots\cdots \\ \varphi_n = a_n \operatorname{sen} wt \end{array}\right\} \qquad (2)$$

Con lo cual las ecuaciones (1) se convertirán después de dividir por sen wt en

$$\left.\begin{array}{l} (K_1 - I_1 w^2)\, a_1 - K_1 a_2 = 0 \\ (K_1 + K_2 - I_2^2 w^2)\, a_2 - K_1 a_1 - K_2 a_3 = 0 \\ \cdots\cdots\cdots\cdots \\ (K_{n-1} - I_n w^2)\, a_n - K_{n-1}\, a_{n-1} = 0 \end{array}\right\} \qquad (3)$$

Si dividimos todas las ecuaciones de este sistema por a_1, tendremos un sistema de n ecuaciones con $n - 1$ *incógnitas* $\frac{a_2}{a_1}$ $\frac{a_3}{a_1}$ ... $\frac{a_n}{a1}$, el cual, para que tenga solución, tendrán que cumplir sus coeficientes la siguiente conlición:

$$\begin{vmatrix} K_1 - I_1 w^2 & -K_2 & 0 & 0 \\ -K_1 & (K_1 + K_2 - I_2 w) - K_2 & 0 & 0 \\ 0 & -K_2 (K_2 + K_3 - I_3 w) - K_3 & & 0 \\ 0 & 0 & -K_{n-1} - I_n W & \end{vmatrix} = 0 \qquad (4)$$

El desarrollo de esta determinante nos dará una ecuación denominada «ecuación de frecuencia» en w del mismo grado que el número de grados de libertad. Por lo tanto, un «*sistema vibratorio con* n *grados de libertad sin amortiguamiento, tiene siempre* n *frecuencias naturales reales*».

Substituyendo en las ecuaciones obtenidas de (3) al dividir por a_1 los valores obtenidos para w, obtendremos los distintos valores de a_2/a_1, a_3/a_1 ... a_n/a_1, es decir, los diversos modos del movimiento.

La solución general del sistema será, por lo tanto,

$$\varphi_1 = \sum_1^n a_1^{(\,)} \operatorname{sen} w_1 t$$

$$\varphi_1 = \sum_1^n a_2^{(i)} \operatorname{sen} w_i t$$

$$\cdots\cdots\cdots$$

$$\varphi_n = \sum_1^n a_n^{(i)} \operatorname{sen} w_1 t$$

Tomando para $a_1^{(i)}$, $a_2^{(i)}$ ... $a_1^{(i)}$ y para w_i los valores correspondientes a las distintas frecuencias.

Por tanto, las oscilaciones resultantes son las sumas de varios movimientos armónicos, de distinta frecuencia, y, por ello, no darán nunca lugar a un movimiento armónico.

Antes de pasar adelante, conviene recordar algunas propiedades importantes, deducidas en el estudio de la Mecánica de los sistemas vibratorios. Estas propiedades son las siguientes:

a') *Los modos principales de oscilación o vibración son ortogonales.*—La expresión analítica de esta propiedad es

$$\sum_{i=1}^{n} I_i\, a_i^{(r)}\, a_i^{(s)} = 0 \qquad (5)$$

siendo $a_i^{(r)}$ y $a_i^{(s)}$ las amplitudes de las oscilaciones correspondientes a las frecuencias (r) y (s).

Por tanto, si aplicamos esta propiedad a un sistema con tres grados de libertad, es decir, de frecuencias naturales w_1, w_2, w_3, podemos establecer las relaciones

$$\left.\begin{array}{l} I_1 a_1^{(1)} a_1^{(2)} + I_2 a_2^{(1)} a_2^{(2)} + I_3 a_3^{(1)} a_3^{(2)} = 0 \\ I_1 a_1^{(1)} a_1^{(3)} + I_2 a_2^{(1)} a_2^{(3)} + I_3 a_3^{(1)} a_3^{(3)} = 0 \\ I_1 a_1^{(\,)} a_1^{(3)} + I_2 a_2^{(2)} a_2^{(3)} + I_3 a_3^{(2)} a_3^{(3)} = 0 \end{array}\right\} \qquad (6)$$

Esto nos indica, que también mediante estas ecuaciones podemos determinar las frecuencias naturales, lo cual es muy útil en muchas aplicaciones prácticas.

b') La condición de normalización es

$$\sum_{i=1}^{n} I_i\, a_i^{(r)^2} = T$$

siendo T una constante de las dimensiones de los coeficientes de momento de inercia I_i. Si recordamos las ecuaciones correspondientes al primer modo de oscilación

$$\varphi_1 = a_1^{(1)} \operatorname{sen} w_1 t$$

$$\varphi_2 = a_2^{(1)} \operatorname{sen} w_1 t$$

$$\cdots\cdots\cdots$$

$$\varphi_n = a_n^{(1)} \operatorname{sen} w_1 t$$

podemos expresar a_1, a_2, ... a_n en la forma $a_n = C_n\, a_n^{(i)}$ y si hacemos $C_n = 1$ obtenemos lo que se denomina «*modo normal de oscilación*». En estas condiciones las ecuaciones (3) tomarán la forma

$$K_1 a_1^{(1)} - K_1 a_2^{(1)} = I_1 a_1^1 w_1^2 -$$

$$- K a_1^{(1)} + (K_1 + K_2)\, a_2^{(1)} - K_2 a_3^{(1)} = I_2 a_2^{(1)} w_1^2 \qquad (7)$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots$$

y la condición de normalización se convierte en

$$\sum_{i=1}^{n} I_i\, a_i^{(r)^2} = T \qquad (8)$$

Haciendo explícita esta expresión, para el caso de tres grados de libertad, se convierte en

$$\left.\begin{array}{l} I_1 a_1^{(1)^2} + I_2 a_2^{(1)^2} + I_3 a_3^{(1)^2} = T \\ I_1 a_1^{(\,)^2} + I_2 a_2^{(2)^2} + I_3 a_3^{(2)^2} = T \\ I_1 a_1^{(3)^2} + I_2 a_2^{(3)^2} + I_3 a_3^{(3)^2} = T \end{array}\right\} \qquad (9)$$

una vez hecho este recordatorio pasemos a hacer aplicación del método general anteriormente indicado a los sistemas con dos y tres grados de libertad, y obtendremos los resultados siguientes:

1.º *Sistema con dos grados de libertad.*

Este sistema, constituído como se indica en la fig. 16, por un eje, con dos discos en los extremos, es de una gran aplicación práctica, ya que constituye el caso de un motor de un cilindro con una hélice, o aun el caso de un motor con varios cilindros y un eje muy largo, con una hélice en su extremo, ya que en este caso no se comete un gran error al agrupar todas las masas de los cilindros en una sola concentrada.

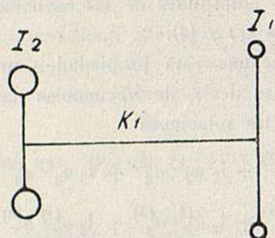


Fig. 16

En este caso el determinante (4) queda reducido a

$$\begin{vmatrix} K_1 - I_1 w^2 & -K_1 \\ -K_1 & K_1 - I_2 w^2 \end{vmatrix} = 0$$

cuyo desarrollo nos da

$$w^4 - \frac{I_2 + I_1}{I_1 I_2} K_1 w^2 = 0$$

luego

$$w^2 = 0 \quad \text{y} \quad w = \sqrt{\frac{I_1 + I_2}{I_1 I_2} K_1}$$

siendo

$$K_1 = \frac{G I p}{l} = \frac{G \pi d^4}{32 l} \quad \text{(caso de sección circular)}$$

por tanto, la frecuencia será

$$f_n = \frac{w}{2\pi} \sqrt{\frac{G \pi d^4 (I_1 + I_2)}{32 l I_1 I_2}} \tag{5}$$

La solución $w = o$ corresponde al giro como un sólido rígido del sistema vibratorio alrededor del eje.

Este caso puede resolverse fácilmente de una manera directa, teniendo en cuenta que si aplicamos dos pares iguales y opuestos en los discos, al cesar éstos bruscamente, los discos girarán también en sentido contrario, ya que ello es necesario para que el momento de la cantidad de movimiento del sistema respecto al eje, pueda ser constantemente nulo, como sucede en el momento inicial ($t = o$). Esto dará lugar a que una sección intermedia tal como la N, denominada «sección nodal», permanezca inmóvil, cuya posición puede ser fijada de la condición que los períodos vibratorios de las partes a la derecha e izquierda de ella han de ser el mismo.

Esta condición, en virtud de (2-5) nos da

$$\sqrt{I_1 a} = \sqrt{I_2 b}$$

o

$$\frac{a}{b} = \frac{I_2}{I_1} \tag{6}$$

pero $a + b = l$

$$a = \frac{I_2 l}{I_1 + I_2} \qquad b = \frac{I_1 l}{I_1 + I_2}$$

luego

$$a = \frac{I_2 l}{I_1 + I_2} \qquad b = \frac{I_1 l}{I_1 + I_2}$$

Por tanto, el período y la frecuencia del sistema serán

$$T_n = 2\pi \sqrt{\frac{32 I_1 I_2 l}{G \pi d^4 (I_1 + I_2)}} \quad f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{G \pi d^4 (I_1 + I_2)}{32 I_1 I_2 l}} \tag{7}$$

Cuando $I_1 = I_2$, el nodo de la vibración se encuentra, como es natural, en el punto medio del eje.

Evidentemente, tal como hemos considerado anteriormente el problema, éste constituye un sistema con dos grados de libertad (los ángulos φ_1 y φ_2 de cada disco). Ahora bien, en la práctica corriente del ingeniero, lo que realmente interesa en muchas ocasiones, es únicamente el ángulo de torsión del eje, en cuyo caso, el sistema puede considerarse como de un solo grado de libertad, y puede resolverse fácilmente teniendo en cuenta que las ecuaciones para cada disco considerado individualmente, serán

$$I_1 \varphi_1'' + K_1 (\varphi_1 - \varphi_2) = 0$$
$$I_2 \varphi_2'' + K_1 (\varphi_2 - \varphi_1) = 0$$

y

$$\varphi_1'' + \frac{K_1}{I_1} (\varphi_1 - \varphi_2) = 0$$
$$\varphi_2'' + \frac{K_1}{I_2} (\varphi_2 - \varphi_1) = 0$$

que restadas nos da

$$(\varphi_1'' - \varphi_2'') + \left(\frac{K_1}{I_1} + \frac{K_2}{I_2}\right)(\varphi_1 - \varphi_2) = 0 \tag{8}$$

ecuación que nos dará $\varphi_1 - \varphi_2$, es decir, el ángulo de torsión del eje.

2.º *Sistema con tres grados de libertad.*—Sea el caso considerado en la fig. 17 de un eje que suponemos sin masa con tres discos de momentos de inercia.

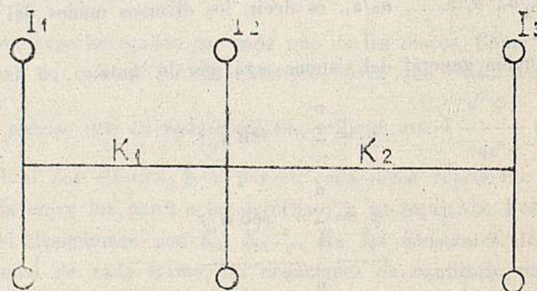


Fig. 17

En este caso el determinante (4) queda reducido a

$$\begin{vmatrix} K_1 & I_1 w^2 & -K_1 & 0 \\ -K_1 & K_1 + K_2 - I_2 w & -K_2 \\ 0 & -K_2 & K_2 - I_3 w^2 \end{vmatrix} = 0$$

cuyo desarrollo nos da la ecuación

$$w^2 \left[w^4 - \left(\frac{I_1 + I_2}{I_1 I_2} K_1 + \frac{I_2 + I_3}{I_2 I_3} K_2 \right) w^2 + + K_1 K_2 \frac{I_1 + I_2 + I_3}{I_1 I_2 I_3} = 0 \right. \quad (9)$$

Esta ecuación, además de la solución $w = 0$, que representa una rotación uniforme del sistema, nos dará dos valores para w^2, tales como w_1 w_2, que sustituídos en la ecuación, que se obtendrá de la semejante a la (3), dividiendo los dos miembros por a_1, nos dará los valores de las relaciones a_2/a_1, a_3/a_1, es decir, los modos del movimiento.

Para la resolución de los problemas, referentes a la determinación de la vibración natural, se supone, como veremos más tarde, que la amplitud de la oscilación en el disco del extremo (por ejemplo, a_1 en el I_1) es de un radián. De este modo, en los demás discos obtendremos unas amplitudes que, como hemos dicho, se denominan «amplitudes relativas» de la vibración natural. A la curva de estas amplitudes a lo largo del sistema, como también hemos indicado, se denomina «curva elástica normal» o «de amplitudes relativas» para la frecuencia natural establecida.

3.º *Sistemas con infinitos grados de libertad. Barra uniforme.*— Anteriormente hemos estudiado el problema de la torsión de un eje de masa despreciable, con varios discos o inercias concentradas, en distintos puntos. Imaginándonos que el número de inercias crece indefinidamente, llegamos al concepto de una barra con inercia uniformemente distribuída.

Sea A B (fig. 18) la barra considerada, y tomemos en ella un trozo elemental $m\,n\;m'\,n'$ de longitud $d\,x$ situado a la distancia x de A, y veamos qué ocurre en dicho elemento, cuando se aplica en B un par de torsión, que se quita rápidamente, es decir, dejando vibrar a la barra libremente. El momento de torsión en la cara $m\,n$ es $G\,I\,p \dfrac{\varphi}{x} = G\,I\,p \dfrac{\delta\,\varphi}{\delta\,x}$. La derivada parcial es motivada porque φ es función de x y del tiempo, y ahora suponemos t = constante.

En la cara $m'\,n'$ el momento torsor será

$$G\,I\,p \frac{\partial\,\varphi}{\partial\,x} + \frac{\partial}{\partial\,x}\left(G\,I\,p \frac{\partial\,\varphi}{\partial\,x}\right) = G\,I\,p \frac{\partial\,\varphi}{\partial\,x} + I\,G\,p \frac{\partial^2\,\varphi}{\partial x^2}\,d\,x$$

Por lo tanto, si designamos por μ_1 el momento de inercia por

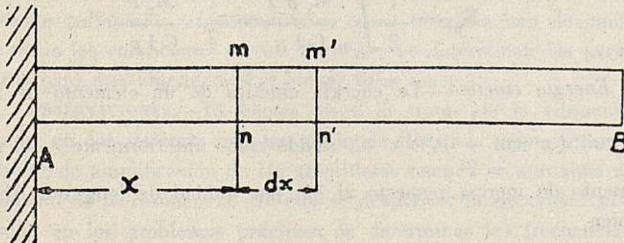


Fig. 18

unidad de longitud, la ecuación del movimiento oscilatorio de torsión del elemento $m\,n\;m'\,n'$ será

$$\mu_1\,d\,x \frac{\partial^2\,\varphi}{\partial\,t^2} = G\,I\,p \frac{\partial^2\,\varphi}{\partial\,x^2}\,d\,x$$

o

$$\mu_1 \frac{\partial^2\,\varphi}{\partial\,t^2} = G\,I\,p \frac{\partial^2\,\varphi}{\partial\,x^2} \quad (1)$$

Ecuación en derivadas parciales, que puede reducirse a una ecuación diferencial ordinaria, suponiendo que el eje vibra armónicamente, para alguna frecuencia natural y configuración natural. En efecto, esta condición se expresa por

$$\varphi\,(x\;t) = \varphi\,(x)\,\mathrm{sen}\;w\,t \quad (2)$$

con lo cual la (1) toma la forma

$$\frac{d^2\,\varphi}{d\,x^2} + \frac{\mu_1\,w^2}{G\,I\,p}\,\varphi = 0 \quad (3)$$

que es una ecuación diferencial ordinaria, y precisamente la misma que en los sistemas de un grado de libertad, cuya solución general como hemos visto es

$$\varphi\,(x) = C_1\,\mathrm{sen}\;x \sqrt{\frac{\mu_1\,w^2}{G\,I\,p}} + C_2 \cos x \sqrt{\frac{\mu_1\,w^2}{G\,I\,p}} \quad (4)$$

Esta ecuación nos dará la amplitud φ, de la oscilación en función de la distancia x y de acuerdo con (2) la forma de la rotación del eje para $\mathrm{sen}\;w\,t = 1$, es decir, en el instante de máxima deformación.

Las constantes C_1 y C_2 se determinan mediante las condiciones en los límites.

Así, si suponemos como en la figura que el eje está empotrado en un extremo y libre en el otro, las condiciones serán:

En el empotramiento $x = 0 \quad \varphi = 0.$

En el extremo libre $x = l \quad \dfrac{d\,\varphi}{d\,x} = 0.$

puesto que φ será máximo en el extremo libre.

Introduciendo estas condiciones en (4) obtenemos

$$C_2 = 0 \quad \text{y} \quad 0 = C_1 \sqrt{\frac{\mu_1{}' w^2}{G\,I\,p}} \cos l \sqrt{\frac{\mu_1\,w^2}{G\,I\,p}}$$

si tomamos $C_1 = o$ no existe oscilación; por lo tanto, habrá que tomar

$$\cos l \sqrt{\frac{\mu_1\,w^2}{G\,I\,p}} = 0$$

y, por tanto

$$l \sqrt{\frac{\mu_1\,w^2}{G\,I\,p}} = \frac{\pi}{2}, \frac{3}{2}\pi, \frac{5}{2}\pi, \frac{7}{2}\pi$$

lo que nos dará para la frecuencia de la oscilación los valores

$$W_1 = \frac{\pi/2}{l} \sqrt{\frac{G\,I\,p}{\mu_1}} \;.\; W_2 = \frac{\frac{2}{3}\pi}{l} \sqrt{\frac{G\,I\,p}{\mu_1}} \quad (5)$$

luego las formas de oscilación son las indicadas en la fig. 19.

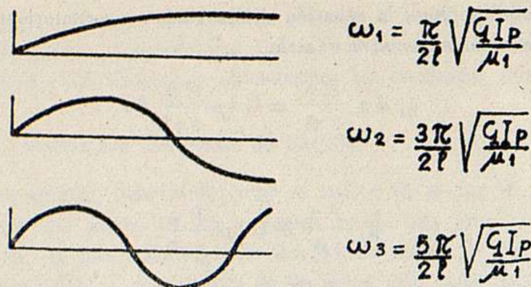


Fig. 19

En el supuesto de que el eje tenga en sus extremos dos discos I_1 e I_2, las condiciones en los límites serán

$$x = 0 \quad I_1 \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2}\right)_{x=0} = G I p \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x}\right)_{x=0}$$
$$x = l \quad I_1 \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2}\right)_{x=1} = G I p \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x}\right)_{x=1} \tag{6}$$

que de acuerdo con (1) se convertirán en

$$I_1 \frac{G I p}{\mu_1} \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2}\right)_{x=0} = G I p \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x}\right)_{x=0} \quad \frac{I_1 G I p}{\mu_1} \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2}\right)_{x=1} = $$
$$= G I p \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x}\right)_{x=1}$$

luego teniendo en cuenta (4) obtenemos

$$- I_1 w^2 C_2 = C_1 w \sqrt{\mu_1}$$

$$w^2 \left(C_2 \frac{\cos w l}{\sqrt{\frac{G I p}{\mu_1}}} + C_1 \frac{\operatorname{sen} w l}{\sqrt{\frac{G I p}{\mu_1}}} \right) I_2 = $$
$$= \frac{w}{\sqrt{\frac{G I p}{\mu_1}}} G I p \left(- C_2 \frac{\operatorname{sen} w l}{\sqrt{\frac{G I p}{\mu_1}}} + C_1 \frac{\cos w l}{\sqrt{\frac{G I p}{\mu_1}}} \right) \tag{7}$$

Estas dos ecuaciones nos darán por eliminación de las constantes C_1 y C_2 la siguiente ecuación de frecuencia

$$w^2 \left(\cos \frac{w l}{\sqrt{\frac{G I p}{\mu_1}}} - \frac{w \sqrt{\frac{G I p}{\mu_1}}}{G I p} \operatorname{sen} \frac{w l}{\sqrt{\frac{G I p}{\mu_1}}} \right) I_2 = $$
$$= - \frac{w}{\sqrt{\frac{G I p}{\mu_1}}} G I p \left(\frac{\operatorname{sen} w l}{\sqrt{\frac{G I p}{\mu_1}}} + \frac{w \sqrt{\frac{G I p}{\mu_1}} I_1}{G I p} \frac{\cos w l}{\sqrt{\frac{G I p}{\mu_1}}} \right) \tag{8}$$

substituyendo en la ecuación (2) las expresiones de $\varphi\ (x)$ y w obtenidas de (4) y (8), obtendremos los modos del movimiento.

La resolución de este problema, cuando los momentos de inercia I_1 e I_2 son despreciables ante el momento de inercia del eje, nos da una solución general muy aproximada a la obtenida, cuando se considera el eje sin discos, con sus extremos libres.

En la práctica en general ocurre lo contrario, es decir, que I_1 e I_2 son grandes en comparación con el momento de inercia del eje, y el resultado que se obtiene mediante las expresiones anteriores, teniendo en cuenta esta circunstancia, nos da para la frecuencia el mismo valor que se obtuvo cuando se examinó con dos discos en los extremos y se despreció la inercia del eje.

4.º *Método de Rayleigh.*—El problema que hemos examinado de la barra uniforme es naturalmente el más fácil que en la práctica puede presentarse, y su resolución, como hemos visto, no presenta excesivas dificultades. Sin embargo, no sucede lo mismo cuando se trata del problema general de un sistema con inercia y rigidez distribuídas. En este caso se recurre al método aproximado, debido a Lord Rayleigh, del cual ya hemos hecho uso con anterioridad, en el caso sencillo de un sistema con grado de libertad.

Como allí indicamos, el fundamento de este método es el siguiente: Se elige una forma determinada para la primera curva elástica normal, de la cual pueden obtenerse las energías máximas, potencial y cinética, las cuales, igualadas, nos darán la ecuación de frecuencia. Evidentemente, si la forma elegida para la curva elástica es la verdadera, lo mismo ocurrirá con la frecuencia. Cuanto más nos acerquemos a la verdadera forma de dicha curva, más próximo al verdadero, será el valor obtenido para la frecuencia.

Para darnos una idea de este método, vamos a aplicarlo a un sistema constituído por un eje empotrado en un extremo y con un disco en el otro, que prácticamente puede representar el caso de un eje porta-hélice, en el que se supone que la inercia de la máquina o motor es tan grande, que puede considerarse como un cuerpo rígido.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente en (4-6), si despreciamos la inercia de la hélice, la forma de la curva de deflexión $\varphi = f(x)$ será un cuarto de onda sinusoidal. En cambio, si despreciamos la inercia del eje, aquélla será la recta $\varphi = C x$.

Pues bien, tomemos ésta como solución, y consideremos un elemento del eje, de longitud $d x$ y determinemos su energía potencial y cinética.

Energía potencial.

$$E_p = \frac{1}{2} M_t d \varphi. \text{ pero } d \varphi = \frac{M_t d x}{G I p} \tag{1}$$

luego

$$E_p = \frac{1}{2} \frac{M_t^2 d x}{G I p} \tag{2}$$

De $\varphi = C x$ (3) obtenemos $d \varphi / d x = C$, luego (1) se transformará en $M_t = C G I p$ = constante y de (2)

$$E_{pr} = \frac{1}{2} \int_o^1 \frac{M_t^2 d x}{G I p} = \frac{1}{2} \frac{M_t^2 l}{G I p} \tag{4}$$

Energía cinética.—La energía cinética de un elemento de longitud $d x$ será $\frac{1}{2}\ \mu_1\ d x\ \varphi^2$, siendo como anteriormente μ_1 el momento de inercia respecto al eje por unidad de longitud. Ahora bien

$$\varphi' = w \varphi = w C x = w x M_t / G I p \tag{5}$$

La energía cinética total será

$$E_{cr} = \frac{1}{2}\int_0^l \mu_1 \, d\, x \frac{w^2 M_t^2 x^2}{(G I p)^2} = \frac{1}{2}\left(\frac{w \; M_t}{G I p}\right)^2 \int_0^l x^2 \, d\, x =$$

$$= \frac{\mu_1}{6} \frac{w^2 \; M_t^2 \; l^2}{G^2 I p^2}$$

La energía cinética del disco será

$$E_{CD} = \frac{1}{2} M_t \varphi_D$$

pero

$$\varphi_D = C\, l = M_t \, l / G I p$$

luego

$$E_{CD} = \frac{I}{2} w^2 \frac{M_t^2 l}{G^2 I p^2}$$

Por lo tanto, igualando la energía potencial a la suma de las energías cinéticas obtenemos

$$w^2 = \frac{G I p}{l\left(I_D + \frac{\mu_1 l}{3}\right)}$$

Esta expresión nos indica que un tercio del momento de inercia del eje debe considerarse como concentrado en la hélice.

Si se aplican a estas expresiones valores numéricos, y se comparan los resultados obtenidos con los que se obtendrían mediante el cálculo exacto indicado anteriormente, se comprueba que el error es próximo al 1 % por exceso.

Si repetimos estos cálculos a otras aplicaciones prácticas, se comprueba siempre «*que el método de Rayleigh conduce siempre a valores demasiado altos para la frecuencia natural más baja*». Por lo tanto, entre todos los valores aproximados que obtengamos aplicando este método, debemos elegir el menor. Esto quiere decir que en el problema considerado elegiremos para w_1 el menor valor obtenido, considerando las curvas de deflexión $\varphi = C x$ o del cuarto de onda sinusoidal.

Esto, por otra parte, no es otra cosa que la comprobación práctica del «teorema del mínimo de Rayleigh». Como según lo que acabamos de indicar, el mejor valor de los obtenidos para w. mediante este método, es el menor de todos, resulta un buen camino para su aplicación hacer que la curva de deformación dependa de un parámetro determinado, en función del cual obtendremos el valor de w, y elegir para aquella curva la forma correspondiente al valor del parámetro que da para w el valor menor.

Este método ha sido aún más generalizado por Ritz empleando varios parámetros para definir la curva de deflexión.

De este modo, generalmente se aproxima la curva de deflexión, mediante polinomios trigonométricos, cuyos términos han de cumplir todas las condiciones en los límites, y se determinan los parámetros para que obtengamos el menor valor de w.

5. Observaciones.—Ya hemos visto, al tratar de la vibración forzada, en los sistemas con un grado de libertad, cómo aumenta el factor de amplificación de las amplitudes cuando se aproxima el fenómeno de la resonancia. De ello se desprende la necesidad primordial en los problemas prácticos de determinar las frecuencias naturales de vibración de los sistemas elásticos. En el número anterior hemos examinado cómo pueden determinarse analíticamente dichas frecuencias, pero también hemos comprobado las enormes dificultades que ello encierra, en cuanto el sistema tiene varios grados de libertad. Por esto, en la práctica se emplean diversos métodos suficientemente aproximados, que facilitan grandemente el problema.

Entre estos métodos, los más importantes son los debidos a Holzer, F. M. Lewis y Porter, los cuales vamos a exponer a continuación.

6. *Método de Holzer.*—Este método es muy sencillo, y puede ser aplicado por cualquier calculista poco experimentado.

Examinemos primero las vibraciones libres del sistema indicado en la fig. 20 (a).

Este método consiste en hacer vibrar el sistema por medio del par $M_t \cos \omega t$, como se indica en la fig. 20 (b) y variar la frecuencia ω, mientras la amplitud a_1 del movimiento angular del primer disco I_1 se mantiene constante. Este método tiene su fundamento en que, de acuerdo con lo expuesto al tratar de la «vibración forzada sin amortiguamiento», donde obtuvimos que $\varphi = \frac{M_t/C}{1-(\omega/\omega_n)^2} \operatorname{sen} \omega t_1$, vemos que para que φ sea finito cuando $\omega = \omega_n$, será preciso que la amplitud del par M_t sea nula.

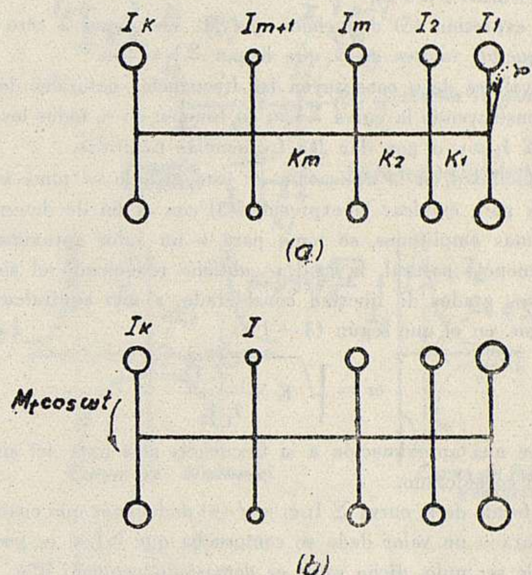


Fig. 20

En el supuesto de ser el movimiento armónico

$$\varphi_m = a_m \cos \omega t$$

$$\varphi_{m+1} = a_{m+1} \cos \omega t$$

luego

$$K_m (a_{m+1} - a_m) = -\omega^2 \sum_{i=1}^{m} I_i \; a_i \qquad (2)$$

y

$$a_{m+1} = a_m - \frac{\omega^2}{K_m} \sum_{i=1}^{m} I_i \; a_i \qquad (3)$$

Esta expresión nos indica que, conocida la amplitud de m dis-

cos de la derecha, podemos determinar la del $m + 1$. Evidentemente, conocido a_n podemos determinar todas las demás amplitudes.

Veamos cómo podemos determinar el valor del momento M_t en función de $I_i a_i$ y ω, para de este modo fijar los valores de ω que lo anulan y que, por lo tanto, según lo dicho, corresponderán a las frecuencias naturales. Si consideramos el sistema total de la fig. 20 como un cuerpo libre, para que se encuentre en equilibrio se tendrá que verificar

$$M_t \cos \omega t = - \sum_{i=1}^{K} I_i \varphi_i'' = \omega^2 \sum_{i=0}^{K} I_i a_i \cos \omega t \qquad (4)$$

luego

$$M_t = \omega^2 \sum_{i=0}^{K} I_i a_i \qquad (5)$$

Esta expresión nos permite determinar la amplitud de par, para que la del disco 1 sea a_1.

De la expresión (5) deducimos que M_t será igual a cero para todos aquellos valores de ω que hagan $\Sigma I_i a_i = o$.

Estos valores de ω constituyen las frecuencias naturales del sistema. Construyendo la curva $\Sigma I_i a_i$ en función de ω, todos los puntos de $\Sigma I_i a = o$ nos dan las frecuencias naturales.

Para facilidad en la aplicación de este método se toma $a_1 = 1$ radian, y para emplear la expresión (5) con el fin de determinar las distintas amplitudes, se toma para ω un valor aproximado a una frecuencia natural, la cual se obtiene reduciendo el sistema de muchos grados de libertad considerado, a uno equivalente de dos grados, en el que según (3 — 1°)

$$\omega = \sqrt{K \frac{I_1 + I_2}{I_1 I_2}}$$

constituye una aproximación a la frecuencia más baja del sistema primitivo considerado.

De la forma de la curva $\Sigma I_i a_i = f(\omega)$ deducimos que cuando al tomar para ω un valor dado se comprueba que $\Sigma I_i a_i$ es positivo, en vez de ser nulo, dicho valor es demasiado pequeño. Por tanto, habrá que hacer un nuevo tanteo aumentando el valor de ω. Lo contrario ocurre cuando obtengamos para $\Sigma I_i a_i$ un valor negativo.

Este mismo método puede aplicarse al sistema de la fig. 21. Para este fin se sustituye el empotramiento por el par $M_t \cos \omega_1$ como en la fig. 22. Evidentemente, podemos seguir aplicando la expresión (5) para la determinación de a_b. Ahora bien, cuando la oscilación del sistema, que será la del par, coincida con la natural suya, se tendrá que verificar que $a_b = o$. Por tanto, bastará trazar la curva de a_b en función de ω, y todos los valores de ω que anulen a a_b nos darán las frecuencias naturales del sistema.

Para facilitar la aplicación de este método, Holzer da la siguiente forma de tabulación del cálculo.

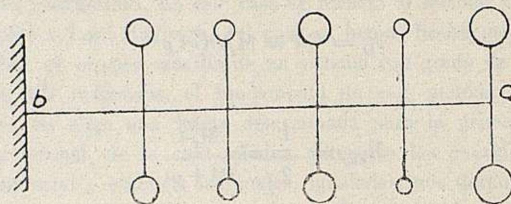


Fig 21

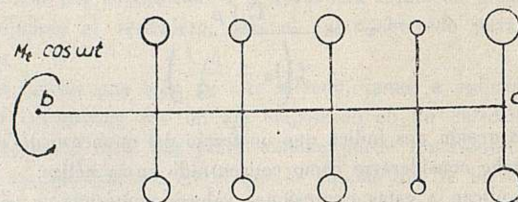


Fig. 22

7. *Método de F. M. Lewis.*—Este método no es tan exacto como el anterior, pero no por ello deja de tener utilidad, ya que puede servirnos para reducir los tanteos en aquel.

En esencia, este método consiste en suponer la inercia de los discos del motor (correspondientes a bielas, muñequillas, etc.), distribuída uniformemente a lo largo del eje motor. Por tanto, el problema de un eje con varios discos se transforma en el de un eje con inercia uniformemente distribuída, el cual hemos examinado en (5). De acuerdo con lo allí expuesto, la variación indicada equi-

TABLA I.—MÉTODO DE HOLZER

Modo del movimiento (1.°, 2.°, etc.). Frecuencia $f = \frac{\omega}{2\pi}$ " $\omega =$ $\omega^2 =$

Número del disco	(1) I en Kgs. cm. seg.^{2}	(2) Momento por unidad de deflexión $I \omega^2$	(3) Deflexión en el plano de las masas a	(4) Momento en el plano de las masas $I \omega^2 a$	(5) Momento total $\Sigma I \omega^2 a$	(6) Rigidez del eje K en $\frac{\text{Kgs. cm.}}{\text{radian}}$	(7) Variación de deflexión $\frac{\text{columna 5}}{\text{columna 6}}$ radianes
1							
2							
1							
1							
1							
1							
N							

vale a suponer que las curvas elásticas correspondientes al primero y segundo modo, en la parte del sistema en la que se hace la sustitución indicada, son elementos de una curva sinusoidal.

Si suponemos el eje con los extremos libres, y que la amplitud en el extremo es $a_1 = 1$ radian, la ecuación (5-4) se transformará en

$$\varphi(x) = \cos x \sqrt{\frac{\mu_1 \omega^2}{G I_p}}$$

ya que las condiciones en los límites son

$$x = o \qquad \varphi(x) = 1 \text{ radian} \qquad \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x}\right)_{x=o} = o$$

luego

$$C_2 = 1 \quad \text{y} \quad C_1 = o$$

Si designamos por $I = \mu_1 l$ el momento de inercia total del eje que sustituye al sistema primitivo, y por K su constante de rigidez torsional ($K = G I_p/l$) la ecuación anterior de deformación se convertirá en

$$\varphi(x) = \cos \omega \sqrt{\frac{I}{K}} \frac{x}{l} \tag{1}$$

Si hacemos

$$\omega \sqrt{\frac{I}{K}} = \Theta \tag{2}$$

obtenemos

$$\varphi(x) = \cos \Theta \frac{x}{l}$$

Para $x = l$

$$\varphi(l) = \cos \Theta \tag{3}$$

y el momento de torsión en dicho extremo tendrá por valor

$$M_t = G I_p \left(\frac{\partial \varphi}{\partial x}\right)_{x=1} = \omega \sqrt{I K} \operatorname{sen} \Theta \tag{4}$$

8. *Método de Porter o de la inercia efectiva.*

Este método es de una gran sencillez para calculistas experimentados, pero no para noveles, los que probablemente necesitarán cálculos más laboriosos para obtener el resultado deseado que con el método anterior.

En general puede decirse que este método no tiene ventaja apreciable sobre el anterior, más que cuando se consideran inercias concentradas, juntamente con inercias uniformemente distribuídas.

Por su sencillez, cuando se tiene gran experiencia es muy empleado por los constructores de motores. Tiene, sin embargo, el inconveniente que únicamente se obtiene con él las frecuencias pero no las amplitudes, como ocurre con el de Holzer. En esencia, este método consiste en substituir un cierto número de inercias que están ligadas por elementos elásticos al resto del sistema por una inercia rígida, de tal modo, que el par de torsión producido por aquéllas en el punto que se hace la substitución, sea igual al producido por la inercia rígida.

Para mayor sencillez, expondremos este método comenzando por los sistemas con dos grados de libertad, continuando con el de tres y el de n, para terminar con el de inercias uniformemente repartidas.

a) *Sistema con dos grados de libertad.*

Consideramos el sistema indicado en la fig. 23 (a) constituído por las inercias concentradas I_1 e I_2 unidas por el eje de rigidez K. Si suponemos que Z es el punto de división del sistema primitivo, éste se dividirá en los sistemas indicados en la fig. 23 (b), denominados «sistema básico» y «parte elásticamente conectada», respectivamente. Pues bien, substituyamos este último por una inercia I_z unida rígidamente al otro sistema en el punto Z. Esta inercia I_z recibe el nombre de «inercia efectiva». Así se obtiene el sistema equivalente indicado en la fig. 23 (c).

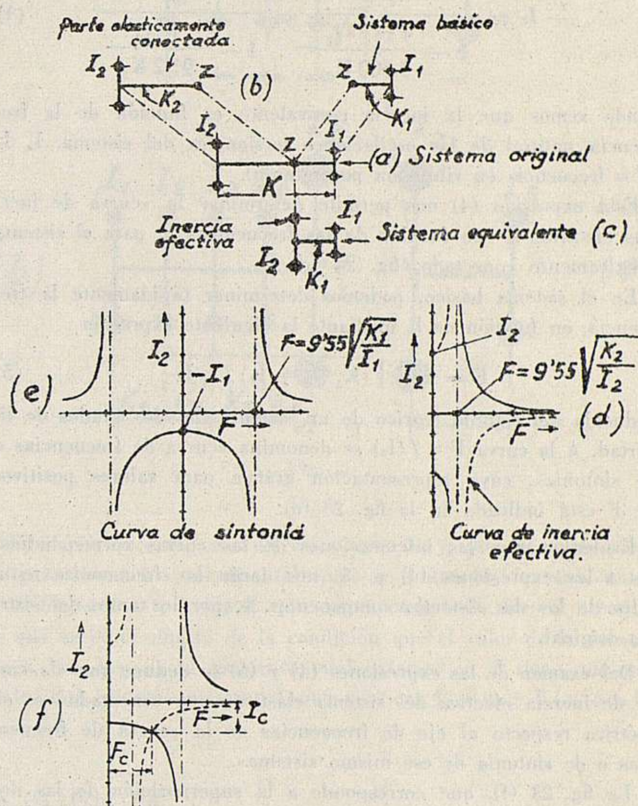


Fig. 23

Veamos cómo puede determinarse la frecuencia natural del sistema primitivo mediante las características de los dos sistemas.

Primeramente, en I_2 la amplitud de la oscilación será a_2, luego el par de inercia en el punto Z, debido a I_2 será

$$I_2 \frac{d^2 \varphi}{d t^2} I_2 a_2 \omega^2 \operatorname{sen} \omega t$$

Igualmente el par de inercia en Z, debido a I_2 será

$$I_z \frac{d^2 \varphi}{d t^2} = I_z a_z \operatorname{sen} \omega t$$

La condición de equivalencia nos dará

$$I_2 a_2 = I_z a_z$$

$$I_z = - \frac{I_2 a_2}{a_z} \quad (1)$$

Además, si consideramos el sistema constituído por las inercias I_2 I_z, unidas por el eje de rigidez K_2 se puede establecer, según (7-3), la siguiente relación entre a_2 y a_z

$$a_z = \left(1 - \frac{\omega^2}{K_2} I_2\right) a_2 \quad (2)$$

de (1) y (2) deducimos

$$- I_z = \frac{1}{1 - \frac{I_2 \omega^2}{K_2}} I_2 \quad (3)$$

y

$$- I_z = \frac{1}{1 - \frac{4 \pi^2 F^2 I_2}{3.600 K_2}} = \frac{I_2}{1 - \frac{F^2 I_2}{9''2 K_2}} \quad (4)$$

donde vemos que la inercia equivalente es función de la frecuencia natural de las oscilaciones torsionales del sistema, I_2 I_z (F = frecuencia en vibración por minuto).

Esta expresión (4) nos permite determinar la «curva de inercias efectivas I_z» en función de las frecuencias F, para el sistema elásticamente conectado, fig. 24 (d).

En el sistema básico, podemos determinar rápidamente la frecuencia, en función de I_z mediante la siguiente expresión

$$F = 9'55 \sqrt{K_1 (I_1 + I_z) / I_1 I_z} \quad (5)$$

deducida del estudio teórico de un sistema con dos grados de libertad. A la curva $F = f(I_z)$ se denomina «curva de frecuencias o de sintonía», cuya representación gráfica para valores positivos de F está indicada en la fig. 23 (e).

Evidentemente, las intersecciones de las curvas correspondientes a las expresiones (4) y (5) nos darán las frecuencias naturales de los dos sistemas componentes, y, por lo tanto, del sistema original.

Del examen de las expresiones (4) y (5) se deduce que «la curva de inercia efectiva del sistema elásticamente conectado» es simétrica respecto al eje de frecuencias de la «curva de frecuencias o de sintonía de ese mismo sistema».

La fig. 23 (f), que corresponde a la superposición de las dos figuras anteriores, nos muestra que la frecuencia natural del sistema original es F_e y el momento de inercia de la masa rígida en Z que ha de substituir al sistema elásticamente conectado es I_e. En esta figura se ha trazado únicamente la parte correspondiente a las frecuencias positivas, ya que las negativas no tienen significado práctico alguno.

b) *Sistema con tres grados de libertad.*

Consideremos el sistema típico de tres discos de inercias I_1, I_2 e I_3 indicado en la fig. 24 (a).

Consideremos dos puntos Z, para hacer la reducción del sistema, primeramente entre I_2 e I_3, y después en el mismo I_2, tal como se indica en la fig. 24 (b) y (c). Como anteriormente dividimos el sistema original en dos sistemas, el básico y el elásticamente conectado.

En el caso de la fig. 24 (d) determinaremos primeramente la curva de frecuencia, para lo cual bastará emplear la expresión

$$(I_1 + I_2 + I_z) - \omega^2 \left[\frac{I_1 I_2}{K_1} + \frac{I_1 I_z}{K_1} + \frac{I_1 I_z}{K_4} + \frac{I_2 I_z}{K_4} \right] + + \frac{\omega^2 I_1 I_2 I_z}{K_1 K_4} = 0 \quad (6)$$

correspondiente a la ecuación de frecuencia, para el caso teórico ya estudiado de tres discos I_1, I_2 e I_z (siendo este último el correspondiente a la inercia efectiva de la parte elásticamente conectada), ligados por los ejes de rigidez K_1 y K_4.

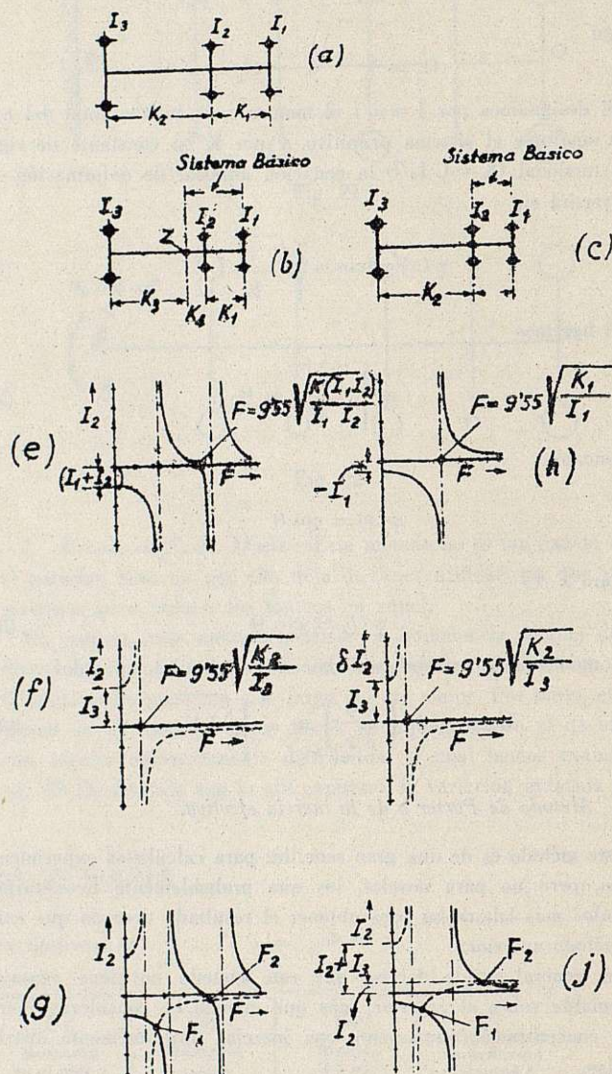


Fig. 24

La representación gráfica de esta expresión para valores positivos de F, está indicada en la fig. 24 (e).

Igualmente determinaremos la curva de inercia efectiva del sistema elásticamente conectado mediante la expresión

$$F = 9'55 \sqrt{K_3 (I_3 + I'_z) / I_3 I'_z} \quad (7)$$

siendo $I'_z = - I_z$. Esta expresión nos indica que la curva de iner-

cia efectiva es simétrica respecto al eje O-F de la «curva de frecuencia del sistema elásticamente conectado».

La representación de esta expresión está indicada en la figura 24 (f).

En la fig. 24 (g) tenemos superpuestas las dos figuras anteriores, cuyos puntos de intersección nos darán las frecuencias naturales del sistema original.

Esta última figura nos da dos valores para F (F_1, F_2).

Si consideramos la segunda posición del punto Z, es decir, en I_2, fig. 24 (c), entonces puede considerarse la inercia I_2 como formando parte: *a*), del sistema básico; *b*), del sistema elástico conectado; *c*), como inercia independiente. En general, esta última suposición facilita los cálculos.

Por esta causa nosotros adoptamos esta suposición.

La «curva de frecuencia» del sistema básico se puede determinar inmediatamente de la expresión

$$F = 9'55 \sqrt{K_1 (I_1 + I_z) / I_1 I_z} \qquad (8)$$

siendo I_z = la inercia efectiva del sistema elásticamente conectado. La expresión (8) está representada en la fig. 24 (h).

La curva de inercia efectiva, del sistema elásticamente conectado, se obtiene de la expresión

$$F = 9'55 \sqrt{K_2 (I_3 + I'_z) / I_3 I'_z} \qquad (9)$$

$\delta\ I_z = -\ I'_z$ la inercia efectiva de la porción elásticamente conectada. Está expresión está representada en la fig. 24 (l).

Si superponemos las figs. 24 (h) e (i), los puntos de intersección nos darán las frecuencias naturales. Ahora bien, conviene observar que para hacer la superposición hay que levantar el eje de las F en la representación de la expresión (9) la cantidad I_z como se indica en la fig. 24 (j).

c) *Sistema con* n *grados de libertad.*

Si consideramos un sistema de *n* discos, fig. 25 (a) dividiremos como siempre el sistema primitivo por el punto Z, que nosotros ahora lo consideramos entre los discos *j* y j^{-1} en el sistema básico indicado en la fig. 25 (b) y el elásticamente conectado, fig. 25 (c).

Curvas de frecuencia.

La determinación de la curva de frecuencia del sistema básico presentará grandes complicaciones a causa del gran número de discos, y para una mayor facilidad se dispone una tabulación semejante a la indicada en el método anterior. Esto nos indica que en estas condiciones este método no representa ventaja alguna sobre el anterior.

La tabulación puede hacerse según el método de Holzer, como se indica a continuación:

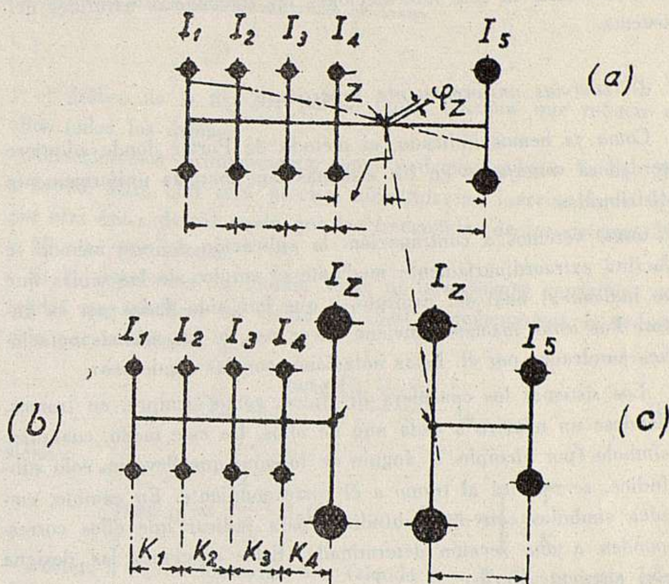


Fig. 25

Es decir, que se toma un valor para F, y, por lo tanto, para ω, y se llevan los cálculos tal como se indica en la tabla anterior, llegándose a la fila Z que corresponde a la inercia efectiva I_z que se determinaría de la condición que el valor de la columna 6, que nos da el momento total exterior en Z tiene que ser nulo. Por lo tanto, se tendrá que verificar $I_z\,\omega^2\,a_z + \Sigma\,I\,\omega^2\,a = 0$.

TABLA II.—MÉTODO DE PORTER

Sistema básico

Número del disco	(2) I Kgs. cm. seg²	(3) $I\,\omega^2$ $\frac{\text{Kgs. cm.}}{\text{radian}}$	(4) a radianes	(5) $I\,\omega^2\,a$ Kgs. cm.	(6) $\Sigma\,I\,\omega^2\,a$ Kgs. cm.	(7) K $\frac{\text{Kgs. cm.}}{\text{radian}}$	(8) $\frac{\Sigma\,I\,\omega^2\,a}{K}$ radianes
1	J_1	$I_1\,\omega^2$	a_1	$I\,\omega^2\,a_1$	$\Sigma\,I_1\,\omega^2\,a_1$	K_1	$\frac{\Sigma\,I_1\,\omega^2\,a_1}{K_1}$
2	|	|	|	|	|	|	|
|	|	|	|	|	|	|	|
Z	I_z	$I_z\,\omega^2$	a_z	$I_z\,\omega^2\,a_z$	0	|	|

Repitiendo estos cálculos para distintas frecuencias podemos trazar la curva de frecuencias.

Curva de inercia efectiva.

Ya sabemos que la curva de inercia efectiva del sistema elásticamente conectado es simétrica respecto al eje O-F de la «curva de frecuencia» de este mismo sistema. Por lo tanto, bastará determinar la curva de frecuencia como anteriormente y determinar su simétrica respecto al eje O-F.

La superposición de las curvas de frecuencia y de inercia efectiva, nos dará en seis intersecciones las frecuencias naturales del sistema.

d) *Inercias uniformemente repartidas.*

Como ya hemos indicado, el método de Porter donde adquiere verdadera ventaja es en los sistemas con inercias uniformemente distribuídas.

Como veremos a continuación, la aplicación de este método se facilita extraordinariamente mediante el empleo de las tablas que se indican al final del capítulo, y que han sido dadas por su autor. Por estas razones conviene hacer uso de las mismas notaciones empleadas por él. Estas notaciones son las siguientes:

Los sistemas los considera divididos, como siempre, en tramos, dándose un número a cada uno de ellos. De este modo, cualquier símbolo (por ejemplo, el ángulo de torsión) que lleve un solo subíndice, se referirá al tramo a él correspondiente. En cambio, emplea símbolos con dos subíndices para indicar que ellos corresponden a una sección determinada. Estas secciones las designa del siguiente modo:

01-12-23 secciones entre los tramos cuyos números se indican.

01-02-03 sección del principio del tramo cuyo número es dado.

1- 2- 3 sección del final del tramo cuyo número es dado.

Puede verse fácilmente lo indicado en la fig. 26.

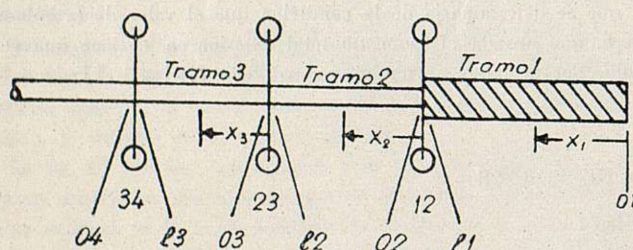


Fig. 26

De las notaciones indicadas se deduce:

$$\beta_{11} = \beta_{02} = \beta_{12}$$

en general

$$\beta_{eh} = \beta_{0,\, h+1} = \beta_{h,\, h+1}$$

$$\beta_{1e} = \beta_{0,\, e+1} = \beta_{e,\, e+1}$$

(siendo *e* el número del tramo final.)

Para la reducción de masas, con el fin de obtener las que hemos denominado inercias equivalentes, afecta al símbolo de la masa de una prima cuando se empieza la reducción por la derecha, y de una segunda cuando se empieza por la izquierda. Así obtenemos:

$$I'_{01} = I_{01} \qquad I''_{1e} = I_{e,\, e+1}$$

$$I'_{02} = I'_{e1} + I_{12} \qquad I''_{e,\, e-1} = I''_{oe} + I_{e-1,\, e}$$

$$I'_{03} = I'_{e2} + I_{23}$$

$$I'_{oh} = I'_{eh-1} + I_{h-1,\, h} \qquad I''_{e,\, h-1} = I''_{oh} + I_{h-1\ h}$$

Con arreglo a estas notaciones, las expresiones dadas anteriormente para la reducción de inercias serán las siguientes:

1.º Empezando la reducción por la derecha.

Para tramos sin masa

$$I_{eh} = I'_{oh} \frac{1}{1 - \dfrac{I'_{oh}}{K_h} \dfrac{\omega^2}{g}}$$

2.º Empezando la reducción por la izquierda.

Para tramos sin masa

$$I''_{oh} = I''_{lh} \frac{1}{1 - \dfrac{I''_{lh}}{K_h} \dfrac{\omega^2}{g}}$$

Conviene tener en cuenta que Porter emplea como unidades para I Kgs. cm², en vez de Kgs. cms. sg², es decir, pesos en vez de masas.

La forma práctica para la reducción de inercias, de acuerdo con estas expresiones en el supuesto de no tener masa el eje, es la siguiente:

TABLA III

Empezando de la derecha. Primer tramo

(1)	(1 *a*)	(2)	(3)	(4)	(5)
f	$\dfrac{\omega^2}{g}$	$\dfrac{I_{01}}{K_1} \dfrac{\omega^2}{g}$	1 — (2)	I'_{11} $I_{01}/(3)$	I'_{o2} (4) + I_{12}

TABLA IV

Idem tramo K

(*a*)	(*b*)	(*c*)	(*d*)
$\dfrac{I'_{oK}}{K_1} \dfrac{\omega^2}{g}$	1 — (*a*)	I'_{eK} $I'_{oK}/(b)$	I'_{oK+1} (*c*) + $K_{K,\, K+1}$

TABLA V

Empezando por la izquierda. Último tramo

(1)	(1) e	(2)	(3)	(4)	(5)
f	$\frac{\omega^2}{g}$	$\frac{I_{e,\,e+1}}{K_e}\,\frac{\omega^2}{g}$	$1-(2)$	I''_{oe} $I_{e,\,e+1}/(3)$	I''_{1e-1} $(4)+I_{e-1,\,e}$

TABLA VI

Empezando por la izquierda.—Tramo K

(*a*)	(*b*)	(*c*)	(*d*)
$\frac{I''_{eK}}{K_K}\,\frac{\omega^2}{g}$	$1-(a)$	I''_{oK} $I''_{eK}/(b)$	$I''_{e\,(K-1)}$ $(c)+I_{K-1,\,K}$

En el caso de sistemas con ejes de masa uniformemente distribuída, estos sistemas suelen quedar reducidos en la práctica a los indicados en las figs. 27, 28, 29, 30.

Los casos de las figs. 27 y 30 se pueden resolver de una manera inmediata, mediante las Tablas del autor antes mencionadas y el gráfico de la fig. 30; por lo tanto, tenemos que reducir a ellos todos los demás.

Consideremos primeramente cómo podemos reducir la fig. 29 a la 30. Para ello será preciso substituir las inercias I_{23} e I_{12} por otra única de tal modo que las frecuencias de los sistemas 29 y 30 sean las mismas.

Si I_u representa la inercia total uniformemente repartida, se tendrá que verificar en virtud de (3-8) si comenzamos la reducción por la derecha que

$$I'_{eh} = \frac{\tan g\left(\beta_1 + \gamma'_h\right)}{\beta_1}\, I_u \tag{8}$$

siendo

$$\tan g\, \gamma'_h = \frac{I_{oh}}{I_h}\,\beta_1 \ (9) \quad \text{y} \quad \beta_1 = \omega\sqrt{\frac{I_u}{K_1}}$$

Porter, a β_1 lo denomina Φn (siendo $n = f$). De acuerdo con la expresión anterior

$$\Phi = 2\,\pi\sqrt{\frac{I_u}{K_1}} \tag{10}$$

Pero además expresa los valores de los ángulos β en grados en vez de en radianes, con lo que las expresiones (8) y (10) se transforman en

$$I'_{eh} = \frac{180}{\pi}\, I_u\, \frac{\tan g\left(\Phi_h f + \gamma'_h\right)}{\Phi_h f} \quad " \quad \Phi = 360^\circ\sqrt{\frac{I_u}{g\,K_1}}$$

(I_u expresado en las unidades de Porter Kgs. cm².)

Si la reducción se realiza por la izquierda tenemos igualmente

$$I''_{oh} = -\,\frac{180}{\pi}\, I_e\, \frac{(\tan g\, \gamma''_h + \Phi_h f)}{\Phi_h f} \tag{11}$$

siendo

$$\tan g\,(\gamma'' + \Phi_h f) = -\,\frac{\Phi_h f\, I''_{eh}}{57{,}3\, I_h}$$

El sistema indicado en la fig. 28 corresponde al caso anterior, en el que se anula I_{oh}; luego las ecuaciones (8) y (11) se transforman en

$$I'_{e_1} = \frac{180}{\pi}\, I_u\, \frac{\tan g\, \Phi_1 f}{\Phi_1 f} = I_u\, T\,(\Phi f)$$

y

$$I''_{oe} = -\,\frac{180}{\pi}\, I_e\, \frac{\tan g\, \Phi_e f}{\Phi_e f} = I_e\, T^{-1}\,(\Phi f)$$

Por lo tanto, con cualquiera de estas expresiones, podemos de-

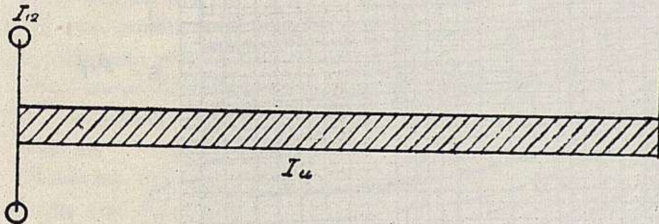


Fig. 27

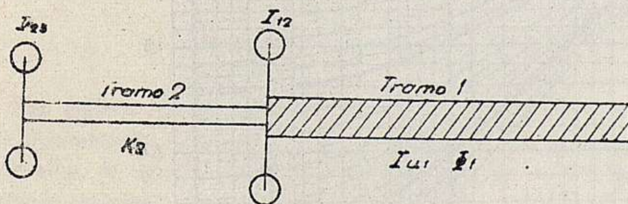


Fig. 28

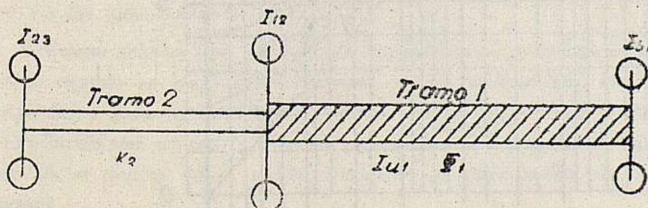
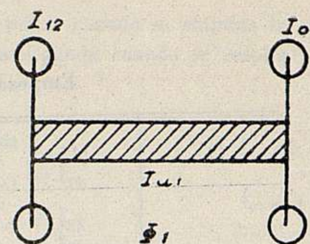


Fig. 29



Las curvas corresponden a valores de $\frac{I_{12}}{I_{u1}}$

$\frac{I_{01}}{I_{u1}}$

0 0.5 1 1.5 2 3 4 5 10 20 30 40 50 100 200 500 1000 2000 5000 10000 ∞

180 170 160 150 140 130 120 110 100 90 80 70 60 50 40 35 30 25 20 15 10 5 0

$\Phi_1 f$

0 10 20 30 40 60 100 200 400 800 ∞

$\frac{I_{01}}{I_{u1}}$

Fig. 30

TABLA VII

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
f	$\Phi_1 f$	T (2)	I'_{e_1}	I'_{02}	$\frac{1}{I'_{02}}$	$\frac{1}{I'_{02}} + \frac{1}{I_{23}}$	$\frac{\omega^2}{g}$	f
	(1) $\times \Phi_1$		(3) $\times I_1$	(4) $+ I_{12}$	1 / (5)	(6) $+ {}^1/_{23}$	7) $\times K_2$	$\sqrt{\frac{(8)}{0.04}}$

TABLA VIII

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
f	$\frac{\omega^2}{g}$	$\frac{I_{23}}{K_2}\frac{\omega^2}{g}$	1 — (3)	I''_{o2}	I''_{e1}	$-\frac{I_{e1}}{I_1}$	$T^{-1}(\Phi_1 f)$	f
	$0{,}04 \times f^2$	$2 \times \frac{I_{23}}{K_2}$		I_{23} / (4)	(5) $+ I_{12}$	— (6) / I_1		$\frac{(8)}{\Phi_1}$

terminar Φf mediante las Tablas del fin del capítulo y, por lo tanto, f, es decir, la frecuencia.

Si, efectivamente, este valor de f coincide con el supuesto para el sistema primitivo, es decir, para la obtención de I'_{eh} o I''_{oe}, el valor supuesto será el correcto.

Para mayor facilidad en la resolución de estos problemas pueden emplearse las siguientes tabulaciones:

Fig. 28.

Reducción comenzando por la derecha y resolviendo como un sistema con dos masas.

Reducción comenzando por la izquierda, y resolviendo determinando

$$\Phi_1 f = T^{-1}\left(-\frac{I''_{e1}}{I_1}\right)$$

Los gráficos de las figs. 30 y 31 son dados por Porter para la determinación de la primera frecuencia natural de los sistemas indicados, lo que puede facilitar la resolución de muchos problemas prácticos.

Igualmente los gráficos correspondientes a las Figs. 33 y 34, dados también por el autor, nos muestran el error que se comete en las substituciones indicadas.

Conviene señalar que, en general, los problemas prácticos, sobre todo cuando se emplean contrapesos en las muñequillas de los cigüeñales para el equilibrado, es más exacto suponer la inercia distribuída que concentrada en los ejes de los cilindros. En la figura 35 se indica cómo puede realizarse la distribución de las masas.

Conviene advertir que, aunque como hemos indicado, en este método no se determinan en el cálculo de frecuencias naturales las amplitudes de la oscilación, éstos pueden obtenerse rápidamente de las expresiones siguientes:

a) *Tramos sin masa.*

$$\frac{a_{eh}}{a_{oh}} = \frac{I'_{oh}}{I_{eh}} = \frac{I''_{oh}}{I''_{eh}} = 1 - \frac{I'_{oh}}{K_h}\frac{\omega^2}{g} = \frac{1}{1 - \frac{I''_{eh}}{K_h}\frac{\omega^2}{g}} =$$

$$= -\frac{I'_{oh}}{I'_{eh}} = -\frac{I''_{oh}}{I'_{eh}}$$

Se produce un nodo en el tramo h, cuando $\frac{a_{eh}}{a_{oh}}$ es negativo.

b) *Tramos con masa.*

$$a^o_{oh} = \alpha_h \cos\left(\frac{\Phi_h f}{e_h} + \gamma_h\right)$$

donde

$$a^o_{oh} = \alpha_h \cos \gamma_h \quad \text{y} \quad \alpha^o_{eh} = \alpha_h \cos(\Phi_h f + \gamma_h)$$

Estas amplitudes están expresadas en grados, y α_h es una constante en grados.

Se produce un nodo en el tramo h cuando

$$\frac{\Phi_h f}{e_h} + \gamma_h = 90° - 270°$$

Este método tampoco suministra el valor de los momentos tor-

TABLA IX

Reducción empezando por la derecha y resolviendo como un sistema con dos masas

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
f	$\Phi_1 f$	$\frac{(2)\, I_{01}}{57'3\, I_1}$	γ_1'	$\Phi_1 f + \gamma_1'$	Tang (5)	I_{e_1}'	I_{02}'	$\frac{1}{I_{02}}$	$(9)\ \frac{1}{I_{23}}$	$\frac{\omega^2}{g}$	f
			$\text{Tang}^{-1}\,(3)$	$(2) + (4)$		$57'3\, I_1 \frac{(6)}{(2)}$	$(7) + I_{12}$			$(10) \times K_2$	$\sqrt{\frac{(11)}{0.04}}$

TABLA X

Reducción empezando por la izquierda y resolviendo para encontrar $\gamma_1'' - \gamma_1 = 0$

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
f	$\frac{\omega^2}{g}$	$\frac{I_{23}}{K_2}\ \frac{\omega^2}{g}$	$1 - (3)$	I_{02}''	I_{e_1}''	$\Phi_1 f$	$\frac{(7)\,(6)}{57'3\, I_1}$	$\Phi_1 f + \gamma_1''$	γ_1''	$\frac{(7)\, I_{01}}{57'3\, I_1}$	γ_1'	$\gamma_1'' - \gamma_1$
		$(2) \times \frac{I_{23}}{K_2}$		$I_{23}/(4)$	$(5, + I_2$			$\text{Tang}^{-1}\,(8)$	$(9) - (7)$		$\text{Tang}^{-1}\,(11)$	$(10) - (12)$

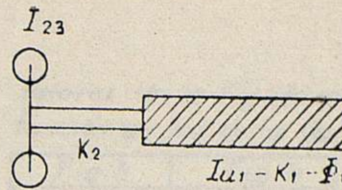
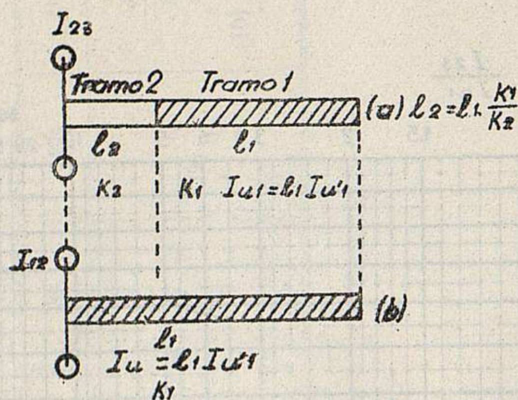
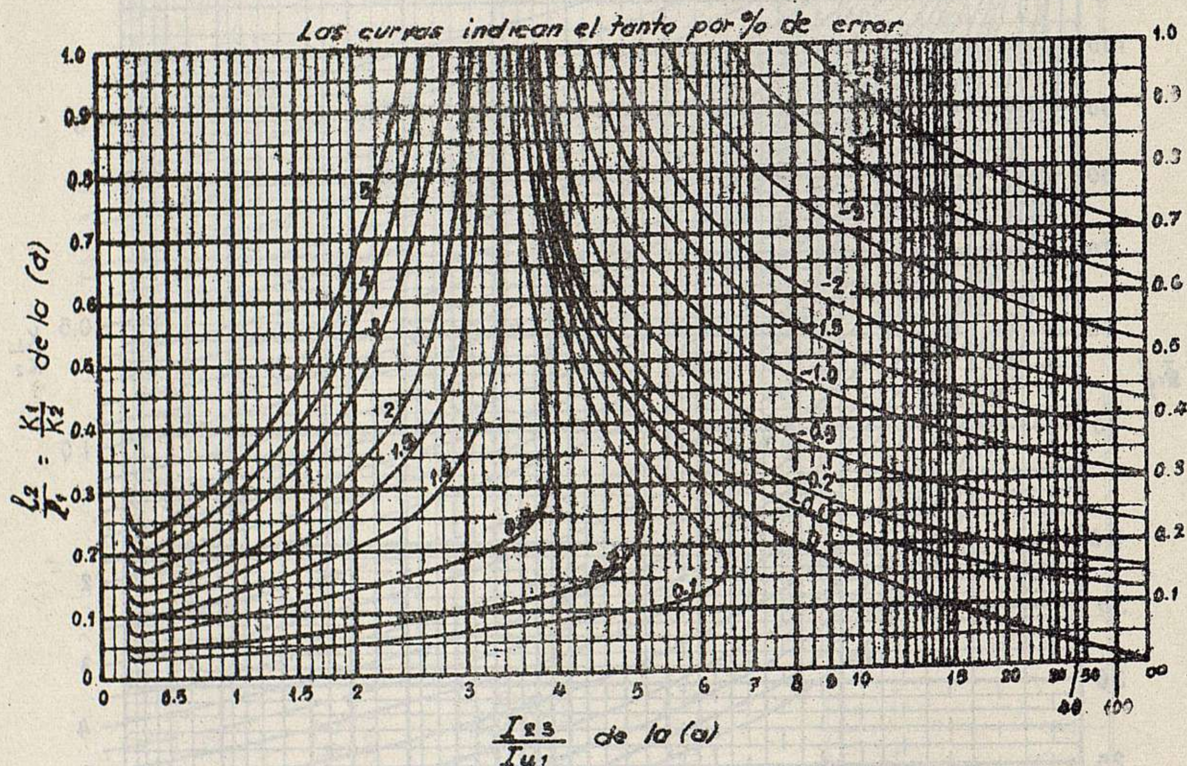


Fig. 31



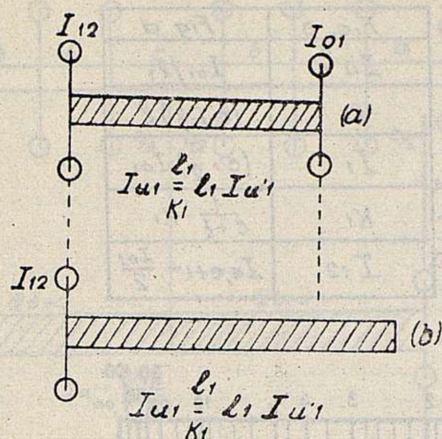
Valores de la fig. (b) en función de los de la (a)

Fig. b	Fig. a
$I_{u'1}$	$I_{u'1}$
ℓ_1	$\ell_1 + \ell_2$
I_1	$I_{u'1}(\ell_1 + \ell_2)$
K_1	$\frac{\ell_1}{\ell_1 + \ell_2} K_1$
I_{12}	$I_{23} - I_{u'1}\ell_2$



Tanto por ciento de error en el valor de la frecuencia natural de substituir la figura *(a)* por la *(b)*.

Fig. 32



Valores de la fig. (b) en función de los de la (a)

Fig. b	Fig. a
$I_{u'1}$	$I_{u'1}$
l_1	$l_1 + \frac{I_{o1}}{I_{u'1}}$
I_{u1}	$I_{u1} + I_{u1}$
K_1	$\frac{l_1}{l_1 + \frac{I_{o1}}{I_{u'1}}} K_1$
I_{12}	I_{12}

Fig. 33

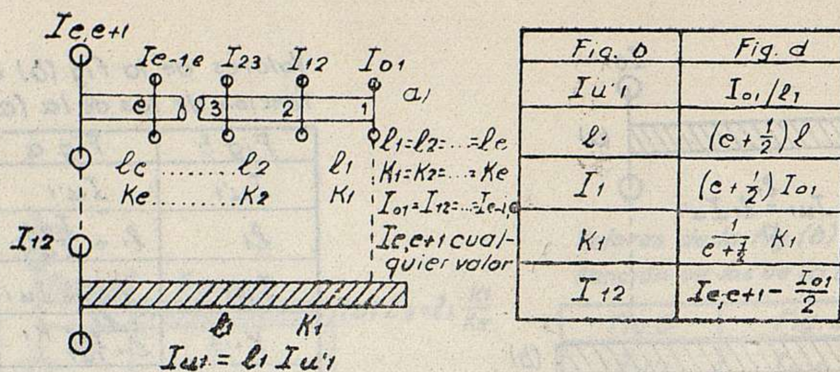


Fig. b	Fig. d
$I_{u'1}$	I_{01}/ℓ_1
ℓ	$(e+\frac{1}{2})\ell$
I_1	$(e+\frac{1}{2}) I_{01}$
K_1	$\frac{1}{e+\frac{1}{2}} K_1$
I_{12}	$I_{e,e+1} - \frac{I_{01}}{2}$

Tanto por % de diferencia en frecuencias positivas

Nº de masas concentradas iguales (e)

$\frac{I_{12}}{I_{u'1}}$ de la fig. (b)

Comparación de las frecuencias naturales de la figura *(b)* con las de la figura *(a)* en tantos por cientos de las de ésta.

Fig. 34

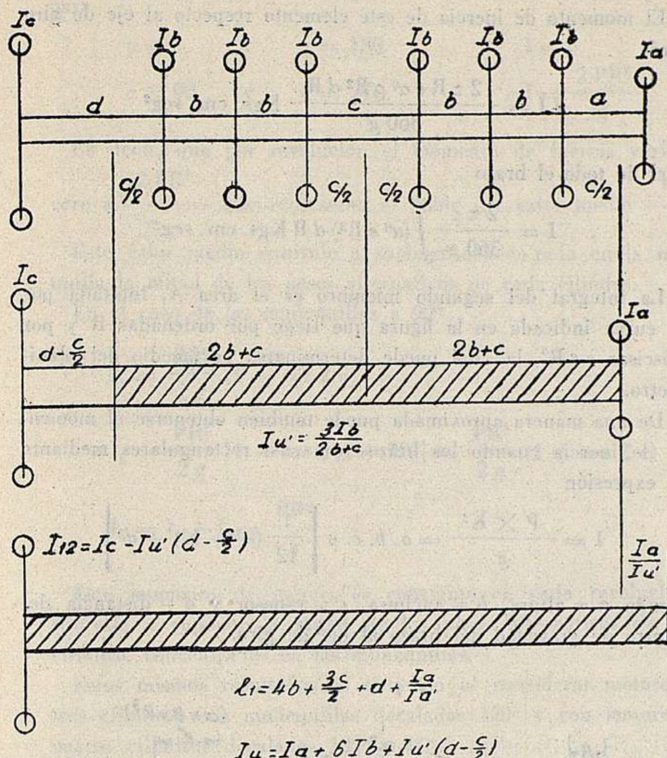


Fig. 35

sores, cuyo conocimiento es necesario para la determinación de los esfuerzos; sin embargo, ellos pueden obtenerse fácilmente mediante las siguientes expresiones:

a) *Tramo sin masa.*

$$M_h = K_h \left(a_{o,h+1} - a_{o,h}\right) = \frac{\pi}{180} K_h \left(a^o_{o,h+1} - a^o_{oh}\right)$$

b) *Tramo con masa.*

$$M_h = -\left(\frac{\pi}{180}\right)^2 K \,.\, \Phi f a \operatorname{sen}\left(\frac{\Phi f x}{l} + \gamma\right) =$$

$$= M_o \operatorname{sen}\left(\frac{\Phi f x}{l} + \gamma\right)$$

siendo

$$M_o = -\left(\frac{\pi}{180}\right)^0 K \Phi a f$$

9. *Observaciones.*

A continuación de los métodos que vamos a exponer, para obtener los sistemas equivalentes que substituyen a los sistemas que con más frecuencia se presentan en la práctica (motores policilindros con volantes, propulsores, alternadores, etc.), haremos una aplicación práctica de los métodos anteriormente expuestos.

10. *Sistemas oscilantes equivalentes.*—Los sistemas oscilantes que se presentan en la práctica del ingeniero, son mucho más complicados que los expuestos en los estudios teóricos anteriormente reseñados.

Para facilidad en la resolución de estos problemas prácticos es necesario, como ya hemos indicado con anterioridad, substituir esos sistemas complejos por otros que caigan dentro de los teóricos ya estudiados.

Evidentemente, la exactitud con que se realice la substitución del sistema complejo, por el sencillo teórico, es en extremo importante, dependiendo en gran parte aquélla de la experiencia que las investigaciones con el torsiógrafo hayan suministrado. Esta importancia es aún mayor en los sistemas tales como en el de una instalación marina de motor policilindro hélice, en los que el segundo modo de vibración con dos nodos produce una velocidad crítica muy próxima a la del primero y, por lo tanto, cualquier pequeño error en la obtención del sistema equivalente puede confundirlas.

Por estas razones, no es necesaria una extremada exactitud en los métodos empleados en la determinación de las frecuencias naturales, ya que los valores obtenidos están enormemente influenciados por el sistema equivalente, que substituya al real.

El problema general de substituir un sistema vibratorio práctico complejo por otro sencillo, consta de dos partes: *a*), determinación de las masas equivalentes; *b*), determinación de las elasticidades equivalentes.

Como ya indicamos, cuando el sistema equivalente está constituído únicamente por masas concentradas, unidas por ejes elásticos sin masa, se denomina «sistema de masas concentradas».

Si se substituye el sistema real por otro constituído únicamente por un eje elástico con masa uniformemente distribuída, denominamos a éste «sistema de eje uniforme».

El sistema equivalente resultante de los dos anteriores se denomina «sistema combinado equivalente».

11. *Inercias equivalentes.*

A continuación vamos a indicar algunos datos prácticos para la determinación de momentos de inercia de los codos o muñequillas y de los elementos alternativos, (bielas, émbolos, bulones de émbolo, etc.).

a) *Muñones de eje macizos.* (Fig. 36.)

Peso de los muñones — $P = \frac{\pi}{4} D_1^2 L_1 \rho$ Kgs.

Radio de giro $K^2 = \frac{D_1^2}{8}$ cms²

Momento de inercia $I = \frac{PK^2}{g} = \frac{\pi D_1^4 L_1}{32 g} \rho$ Kgs. cm. seg²

siendo

P = peso en Kgs.
K = radio de giro en cms².
D_1 = diámetro del muñón en cm.
L_1 = longitud del muñón en cm.
ρ = peso específico del material en Kgs. por cm³.
g = gravedad = 981 cms/seg².

Evidentemente, las expresiones anteriores pueden igualmente aplicarse a cualquier cuerpo cilíndrico macizo de diámetro uniforme, cuyo centro de gravedad esté situado en el eje de rotación.

b) *Muñones de eje huecos.* (Fig. 36.)

$$P = \frac{\pi}{4}(D_1^2 - d_1^2)\, L_1\, \rho \text{ Kgs.}$$

$$K^2 = \frac{D_1^2 + d_1^2}{8} \text{ cm}^2$$

$$I = \frac{\pi}{32\,g}(D_1^4 - d_1^4)\, L_1\, \rho \text{ Kgs. cm. seg}^2$$

D_1 = diámetro exterior en cms.
d_1 = diámetro interior en cms.

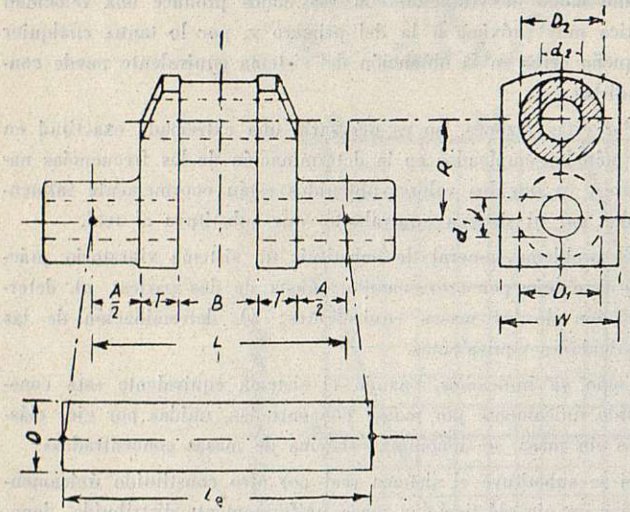


Fig. 36

c) *Muñones de muñequillas macizos.* (Fig. 36.)

$$P = \frac{\pi}{4} D_2^2\, L_2\, \rho \text{ Kgs.}$$

$$K^2 = \left[\frac{D_2^2}{8} + R^2\right] \text{cm}^2$$

$$I = \frac{\pi}{4\,g} D_2^2\, L_2\, \rho \left[\frac{D_2^2}{8} + R^2\right] \text{Kgs. cm. seg}^2$$

D_2 = diámetro del muñón de muñequilla en cms.
L_2 = longitud del muñón de muñequilla en cms.
R = distancia del centro de gravedad del muñón de muñequilla al eje de rotación en cms.

d) *Muñones de muñequilla huecos.*

$$P = \frac{\pi}{4}(D_2^2 - d_2^2)\, L_2\, \rho \text{ Kgs.}$$

$$K^2 = \left[\frac{D_2^2 + d_2^2}{8} + R_2\right] \text{cm}^2$$

$$I = \frac{\pi}{4\,g} L_2\, \rho\, (D_2^2 - d_2^2) \left[\left(\frac{D_2^2 + d_2^2}{8}\right) + R^2\right] \text{Kilogramos cm. seg}^2$$

d_2 = diámetro interior en cms.

e) *Brazos.* (Fig. 37.)

Consideremos un trozo elemental del brazo de altura a R y espesor e situado a la distancia R del eje de giro, que abarca el ángulo α^0 a partir del centro de rotación.

El momento de inercia de este elemento respecto al eje de giro será:

$$d\,I = \frac{2\,\pi\, R\, e\, \alpha^0\, \rho\, R^2\, d\,R}{360\,g} \text{ Kgs. cm. seg}^2$$

y el de todo el brazo

$$I = \frac{2\,\pi\,\rho}{360\,g} \int (\alpha^0\, e\, R^3)\, d\,R \text{ Kgs. cm. seg}^2$$

La integral del segundo miembro es el área A, limitada por la curva indicada en la figura que tiene por ordenadas R y por abscisas $\alpha\, e\, R^3$, la cual puede determinarse por medio del planímetro.

De una manera aproximada puede también obtenerse el momento de inercia cuando los brazos son casi rectangulares mediante la expresión

$$I = \frac{P \times K^2}{g} = a.\, b.\, c.\, \rho \left[\frac{1}{12}(a^2 + b^2) + d^2\right]$$

siendo a = altura, b = anchura, c = espesor y d = distancia del centro de gravedad del brazo al eje de giro.

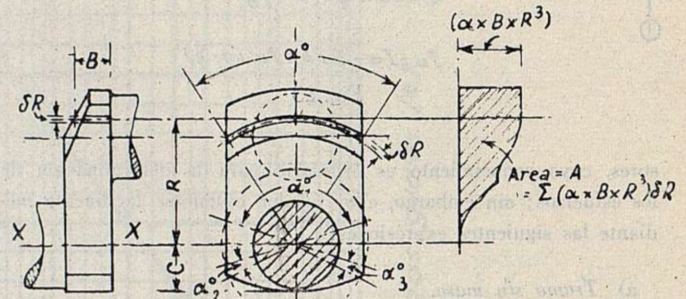


Fig. 37

f) *Masas alternativas.*

Para un cierto ángulo de giro α de la muñequilla, puede tomarse de una manera aproximada, como momento de inercia de las masas alternativas

$$I = \frac{PR^2}{2\,g}(1 - \cos 2\,\alpha) \text{ Kgs. cm seg}^2$$

Cuando el motor es de un solo cilindro puede aplicarse directamente esta fórmula, y si es policilindro se aplica a ella, a cada uno de los cilindros, dando a α los valores correspondientes.

Así, por ejemplo, en un motor de dos cilindros, con las muñequillas a 180°, los momentos de inercia de las masas alternativas de los dos cilindros serán:

$$I_1 = \frac{PR^2}{2\,g}(1 - \cos 2\,\alpha)$$

$$I_2 = \frac{PR^2}{2\,g}[1 - \cos 2(\alpha + 180)]$$

Estas expresiones, nos dan como momento de inercia total

$$I = I_1 + I_2 = \frac{PR^2}{g}(1 - \cos \alpha)$$

para

$$\alpha = o \quad \text{y} \quad \alpha = 180 \qquad I = o$$

$$\alpha = 90 \quad \text{y} \quad \alpha = 270 \qquad I = \frac{2\,PR^2}{g}$$

Es decir, que por revolución el momento de inercia varía de cero a $\frac{2\,PR^2}{g}$ que representa el doble del valor medio $\frac{PR^2}{g}$.

Este valor medio equivale a suponer concentrada en la muñequilla la mitad de los pesos alternativos de cada cilindro.

En el caso de las muñequillas a 90º

$$I_1 = \frac{PR^2}{2g}\,(1 - \cos 2\,\alpha)$$

$$I_2 = \frac{PR^2}{2g}\,[1 - \cos 2\,(\alpha + 90)] = \frac{PR^2}{2g}\,(1 + \cos 2\,\alpha)$$

$$I = I_1 + I_2 = \frac{PR^2}{g}$$

Este momento de inercia es constante en cada revolución y equivale a suponer la mitad de los pesos alternativos de cada cilindro, concentrados en las muñequillas.

Estos mismos resultados se obtienen al considerar motores de tres cilindros con muñequillas decaladas 120º y con motores de cuatro cilindros decalados 180º y 90º.

En general, el momento de inercia total de los pesos alternativos de motores policilindros, con muñequillas igualmente defasadas, es constante por revolución, y equivalente a suponer aplicado en cada muñequilla la mitad del peso alternativo de cada cilindro, despreciando la oblicuidad de la biela.

Por estas razones se hace en la práctica dicha repartición de los pesos alternativos. Ahora bien, esta solución no es exacta, ya que siempre el momento de inercia de las masas alternativas es variable en cada revolución y, por tanto, lo mismo ocurrirá con la frecuencia natural de vibración, que irá variando durante dicha revolución. Es claro que la influencia de los pesos alternativos en la variación de frecuencia natural será más importante en aquellos motores en los que dichos pesos sean muy grandes, comparados con los giratorios, como sucede en los motores muy revolucionados.

d) *Hélices marinas.*

Para la determinación del momento de inercia de una hélice marina puede emplearse el conocido método del «disco equivalente» que transforma la hélice en un disco equivalente.

Este método (fig. 38) consiste en lo siguiente: Se describe un círculo de radio X, y se determina el área total de las palas para ese radio. Este área, dividida por $2\pi x$, es el espesor del disco equivalente para el radio x.

El disco total se obtiene repitiendo esta operación para distintos radios.

Pero un método, probablemente más exacto y sencillo que el anterior, para determinar el momento de inercia polar de una hélice marina o aérea, es el siguiente:

Se trazan diversas secciones para diferentes radios (fig. 39). Sean 1-2-3-4-5-6-7-8-9 estas secciones, las cuales se indican en la primera columna de la tabla indicada en la Fig. 40. En la

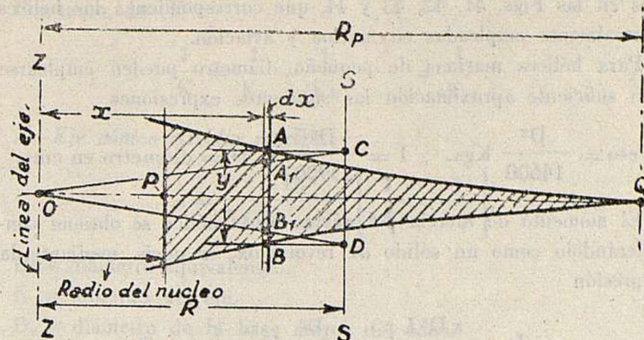


Fig. 38

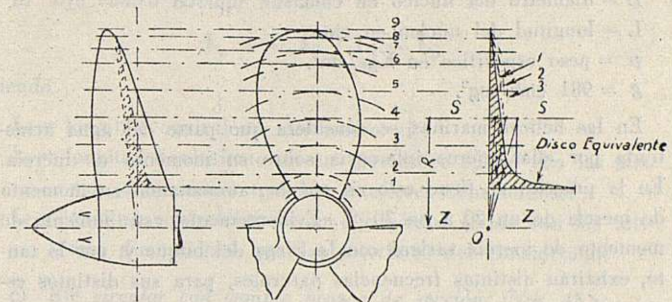


Fig. 39

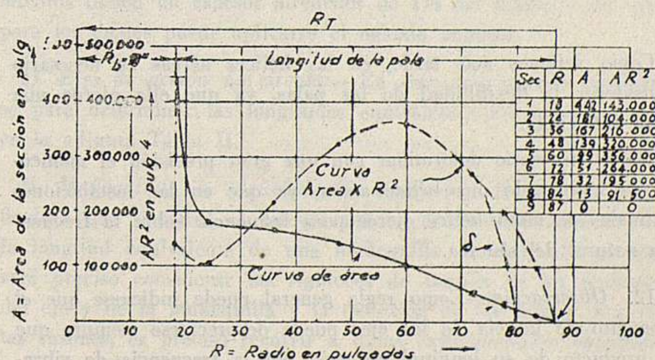
segunda columna se indican los radios correspondientes a las distintas seciones; en la tercera las áreas correspondientes a cada una de las secciones, y en la cuarta, los productos de esas áreas por el cuadrado del radio. Con los valores de estas columnas construímos dos curvas: la de trazo lleno, que representa las áreas de la columna 3, y la de rayas, que corresponde a la 4.

El volumen de la pala será $V = \int_{Ri}^{Re} A\, d\, R$, es decir, el área comprendida entre la curva llena y el eje de los radios, la cual puede determinarse por medio del planímetro.

El peso de la pala será $P = V\rho$.

Y el momento de inercia polar $I = \frac{\rho}{g} \int_{Ri}^{Re} A\, R^2\, d\, R$, es decir, $\frac{\rho}{g}$ multiplicado por el área comprendida entre la curva de rayos y el eje de las R.

En muchas ocasiones será suficiente emplear los datos indica-



Sec	R	A	A R²
1	18	442	143.000
2	24	181	104.000
3	36	167	216.000
4	48	139	320.000
5	60	99	356.000
6	72	51	264.000
7	78	32	195.000
8	84	13	91.500
9	87	0	0

Fig. 40

dos en las Figs. 41, 42, 43 y 44, que corresponden a las hélices normalmente empleadas en marina y aviación.

Para hélices marinas de pequeño diámetro pueden emplearse con suficiente aproximación las siguientes expresiones

$$\text{Peso} = \frac{D^3}{14600} \text{ Kgs.} \ ; \ I = \frac{D^5}{13900} \ ; \ D = \text{diámetro en cms.}$$

El momento de inercia del núcleo de la hélice se obtiene considerándolo como un sólido de revolución, es decir, mediante la expresión

$$I = \frac{\pi D^2 L \rho}{4 g} \cdot \frac{D^2}{8} \text{ Kgs. cm. seg}^2$$

D = diámetro del núcleo en cm's.
L = longitud del núcleo en cms.
ρ = peso específico en Kgs/cm³.
g = 981 cm's/seg².

En las hélices marinas se considera que parte del agua arrastrada por ellas ejerce influencia sobre su momento de inercia. En la práctica se tiene esto en cuenta, aumentando su momento de inercia de un 20 a un 30 %. Evidentemente, este aumento de momento de inercia variará con la carga del buque y, por lo tanto, existirán distintas frecuencias naturales, para sus distintos estados de carga.

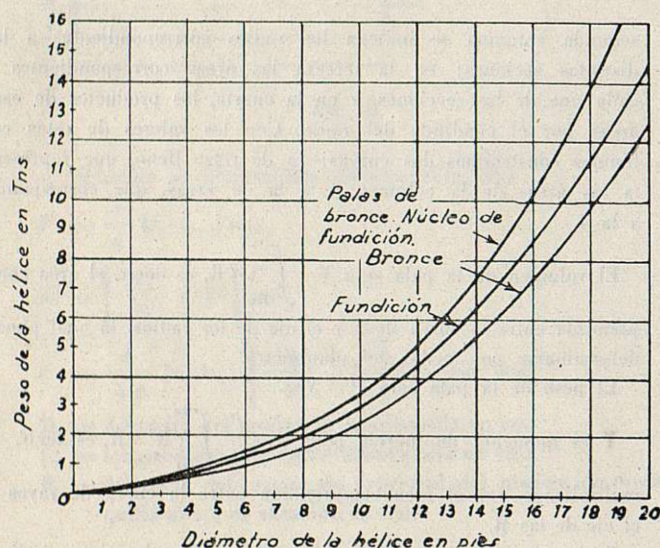


Fig. 41

Como veremos más tarde, en las hélices aéreas es necesario considerar la flexibilidad de las palas, ya que ella ejerce una gran influencia.

No es necesario determinar con una gran precisión el momento de inercia de una hélice aérea, ya que en las instalaciones normales de motor-hélice ejerce poca influencia sobre la frecuencia natural del sistema.

12. *Observación*.—Como regla general puede indicarse que el momento de inercia de los ejes puede despreciarse siempre que el producto de su longitud en cm's. por la frecuencia de vibración en ciclos por segundo sea inferior a 30.000.

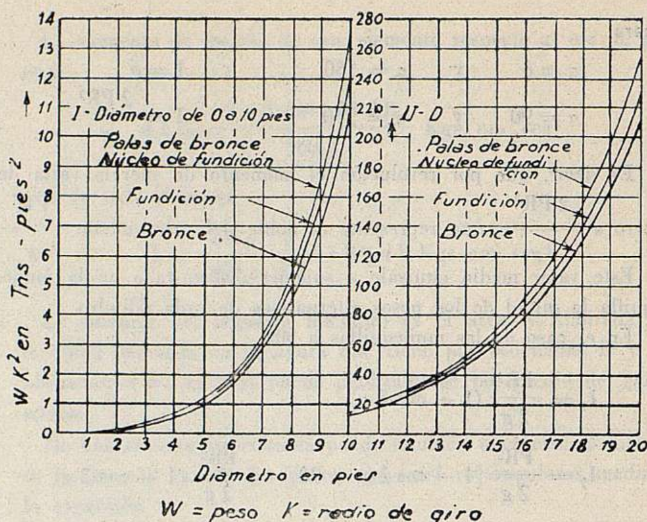


Fig. 42

13. *Elasticidades equivalentes*.—Cuando el eje no es de sección uniforme en toda su longitud, o adopta la forma de una muñequilla de cigüeñal, la rigidez de cada sección es necesario considerarla separadamente.

Para evitar este inconveniente se recurre a reemplazar el eje actual por otro de diámetro constante D, cuya longitud se determina de tal modo que la rigidez torsional entre discos sea la misma que la del eje original.

Estas longitudes se denominan «longitudes equivalentes», y se determinan del siguiente modo:

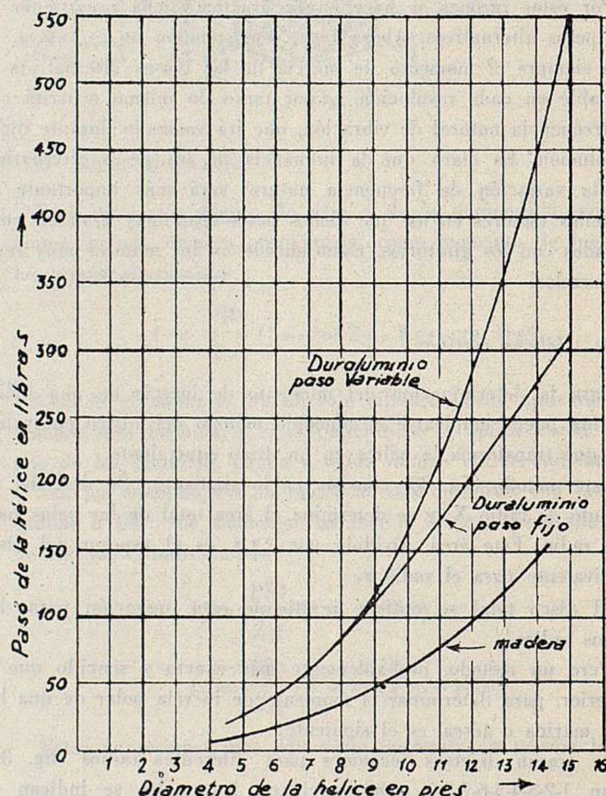


Fig. 43

De

$$\frac{M_t}{I_p} = \frac{G\,\theta}{L} \qquad I_p = \frac{\pi\, D^4}{32} \quad \text{(ejes macizos)}$$

la rigidez torsional K tiene por valor

$$K = \frac{M}{\theta} = \frac{G\,I_p}{L} = \frac{G\,\pi\, D^4}{32\,L}$$

Otro eje de diámetro D_e y longitud L_e tendrá la misma rigidez torsional si

$$\frac{G\,\pi\, D^4}{32\,L} = \frac{G\,\pi\, D_e^4}{32\,L_e}\,, \qquad L_e = L\left(\frac{D_e^4}{D^4}\right)$$

En ejes huecos

$$L_e = L\left(\frac{D_e^4}{D^4 - d^4}\right)$$

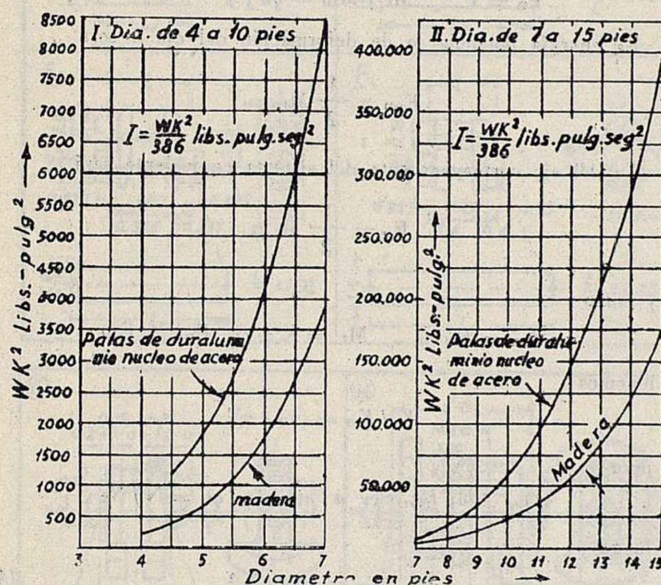


Fig. 44

Cuando existan varios ejes en serie, la rigidez torsional total se obtiene como sigue:

Sean:

K = rigidez torsional total.
$K_a\, K_b \ldots K_n$ = rigideces torsionales de los elementos individuales.
L = longitud total equivalente.
$L_a\, L_b \ldots L_n$ = longitudes equivalentes de los elementos individuales.

Luego

$$L = L_a + L_b + L_c + \ldots\ldots + L_n \qquad (1$$

Ahora bien

$$L = \frac{\pi\, D_e^4\, G}{32\,K}\,, \quad L_a = L_1 \frac{D_e^4}{D_1^4}\,, \quad L_b = L_2 \frac{D_e^4}{D_2^4} \;\ldots\ldots$$

pero

$$L_1 = \frac{\pi\, D_1^4\, G}{32\,K_a}\,, \quad L_2 = \frac{\pi\, D_2^4\, G}{32\,K_b} \;\ldots\ldots$$

Por tanto, de (1)

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_a} + \frac{1}{K_b} \cdots\cdots + \frac{1}{K_n} \qquad (2)$$

a) *Eje cónico circular macizo.*

$$L_e = \frac{L\,D_e^4}{3\,(D_1 - D_2)}\left[\frac{1}{D_2^3} - \frac{1}{D_1^3}\right]$$

D_e = diámetro equivalente.
L = longitud del eje.
D_1 = diámetro de la base mayor del cono.
D_2 = diámetro de la base menor del cono.

b) *Eje cónico circular hueco.*

$$L_e = L_o\, L_i \;/\; L_1 - L_o$$

siendo

L_e = longitud equivalente del nuevo eje.
L_o = longitud equivalente de un eje cónico sólido con las mismas dimensiones que las exteriores consideradas.
L_i = longitud equivalente de un eje cónico sólido con las mismas dimensiones que las interiores del considerado.

c) *Eje circular con cambio brusco de sección.* (Fig. 45.)

Para tener en cuenta la variación de sección de un eje, se supone aumentada la longitud del eje de menor diámetro, en una cantidad l, que depende de la relación entre los dos diámetros del eje.

El valor de esta cantidad l puede tomarse de la siguiente tabla:

TABLA XI

Relación $\frac{D_1}{D_2}$	Relación $\frac{l}{D_2}$
1	0
1,25	0,055
1,50	0,085
2,00	0,100
3,00	0,107
Infinito	0,125

d) *Acoplamiento de ejes.*—Como norma general los acoplamientos tienen un espesor alrededor de 1/4 del diámetro del eje, para los cuales puede aplicarse el método anterior.

e) *Ejes de acción no circular.*—En este caso pueden emplearse para determinar las longitudes equivalentes los valores dados en la adjunta Tabla II.

f) *Muñequillas de cigüeñal.*—Se comprende fácilmente la dificultad que encierra el estudio teórico de la determinación de la longitud equivalente de una muñequilla de cigüeñal, ya que será preciso considerar las rigideces de torsión de los muñones del eje y de la muñequilla y la deflexión de los brazos. Por estas razones, es preciso recurrir a datos experimentales obtenidos en las pruebas de Laboratorio o a fórmulas empíricas.

En general, para motores lentos se comprueba que la longitud

equivalente de una muñequilla está comprendida entre los siguientes valores:

$$0{,}95\ L < L_e < 1_1\ /\ L$$

siendo L la longitud de la muñequilla.

Cuando no se disponga de otros datos pueden emplearse los indicados en la Tabla XII, que corresponden a la fórmula empírica de Carter.

En la Tabla XIII se dan las fórmulas que pueden emplearse para los diversos tipos de cigüeñales de automóvil.

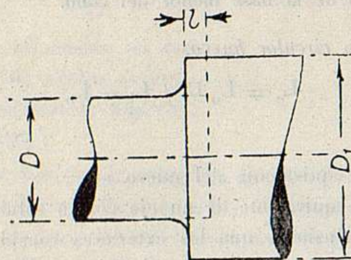


Fig. 45

14. *Sistemas engranados.*—Hemos determinado con anterioridad, cómo mediante cálculos más o menos laboriosos pueden obtenerse las frecuencias naturales de vibración de torsión de un eje con varios discos. Ahora bien, en la práctica es muy frecuente encontrarse con sistemas no tan sencillos, constituídos por diversos ejes de rigideces torsionales K_1, K_2, ..., K_n con discos giratorios de momentos de inercia I_1, I_2 ... I_n y velocidades medias angulares q_1, q_2, ..., q_n engranados entre ellos. En estos casos, lo mismo que se ha hecho anteriormente, es preciso obtener un sistema «dinámicamente equivalente» constituído por uno o varios ejes, girando todos ellos a la misma velocidad.

Veamos cómo puede obtenerse ese sistema equivalente.

Consideremos un sistema constituído por j ejes engranados entre ellos, y supongamos que las cajas de engranajes son absolutamente rígidas a la torsión.

Sea n uno de esos ejes, y designemos por: q_n, su velocidad media angular; N, sus r. p. m.; M_{tn}, el par de torsión medio que actúa en dicho eje; a_n, la amplitud angular de la oscilación; φ_n, la deformación angular instantánea del eje; I_n, el momento de inercia de los discos en dicho eje, y K_n, su rigidez torsional; q, la velocidad media angular de todos los ejes equivalentes; N, las r. p. m. de todos los ejes equivalentes; a, la amplitud angular de la oscilación del eje correspondiente en el sistema equivalente; φ, la deformación angular instantánea del eje correspondiente en el sistema equivalente; I, el momento de inercia del disco equivalente en el eje correspondiente del sistema equivalente, y K, la rigidez torsional de este mismo eje.

De acuerdo con estas notaciones podemos establecer las siguientes relaciones:

La energía cinética del disco n tendrá por expresión

$$E_{cn} = \frac{1}{2} I_n q_n^2 \qquad (1)$$

La del disco equivalente en el eje correspondiente del sistema equivalente, será

$$E_c = \frac{1}{2} I q^2 \qquad (2)$$

y como

$$E_{cn} = E_e$$

$$I / I_n = (q_n / q)^2 = (N_n / N)^2 \qquad (3)$$

Potencia transmitida por el eje n

$$P_n = M_{tn} \cdot q_n$$

Potencia transmitida por eje correspondiente del sistema equivalente

$$P = M_t\ q$$

y como

$$P_n = P \quad „ \quad M_t / M_{tn} = q_n / q = N_n / N$$

La energía potencial o de deformación del eje n será

$$E_{pn} = \frac{1}{2} M_{tn}\, \varphi_n$$

La del eje correspondiente del sistema equivalente será

$$E_p = \frac{1}{2} M_t\, \varphi$$

y como

$$M_{tn} = K_n \varphi_n \quad „ \quad M_t = K \varphi \quad y \quad E_{pn} = E\ \rho$$

tenemos

$$K / K_n = (\varphi_n / \varphi)^2$$

pero

$$a / q = a_n / q_n \quad y \quad a / a_n = q / q_n = N / N_n$$

luego

$$K / K_n = (N_n / N)^2 \qquad (4)$$

Como resumen podemos establecer

$$M_t / M_{tn} = N_n / N \qquad (5)$$

$$a / a_n = N / N_n \qquad (6)$$

$$I / I_n = (N_n / N)^2 \qquad (7)$$

$$K / K_n = (N_n / N)^2 \qquad (8)$$

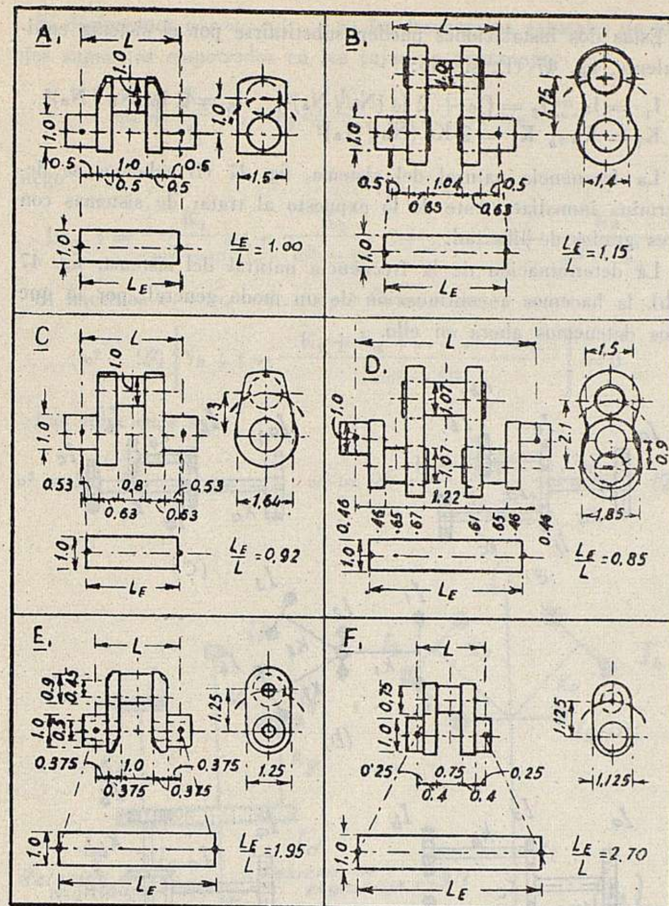
Vamos a examinar a continuación algunos sistemas engranados de los más corrientemente empleados en la práctica.

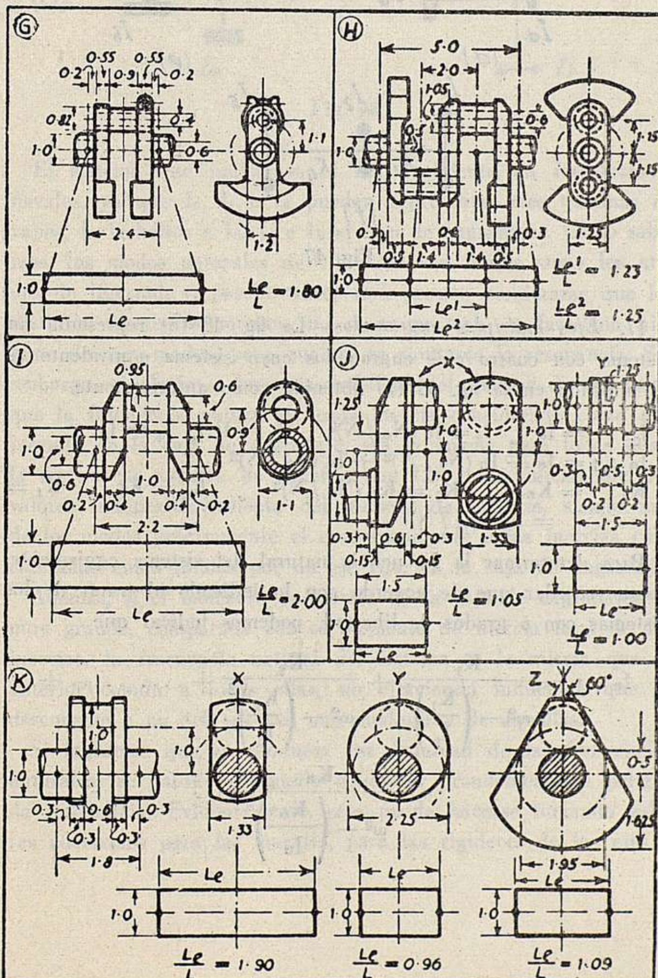
15. *Sistema con dos ejes engranados.*

La fig. 46 (a) muestra un sencillo sistema engranado, consistente en dos discos de inercia I_a e I_b situados en los ejes a y b de rigideces K_a y K_b y velocidades N_a y N_b engranados por dos piñones cilíndricos de inercias I_c e I_d.

Según las expresiones anteriores, el sistema equivalente estará constituído por el eje (1), exactamente igual al (a) del sistema primitivo, y los discos 1, 2 y 3 de inercias.

$$I_1 = I_a \quad „ \quad I_2 = I_b\,(N_b / N_a)^2 \quad „ \quad I_3 = I_c + I_a\,(N_b / N_a)^2$$





(A)

$$Le = D^4\left[\left(\frac{A + 0.8T}{D_1^4 - d_1^4}\right) + \left(\frac{0.75B}{D_2^4 - d_2^4}\right) + \frac{1.5R}{TW^3}\right]$$

(B)

$$L_1 = D^4\left[\left(\frac{0.5A + 0.4T}{D_1^4 - d_1^4}\right) + \left(\frac{0.375B}{D_2^4 - d_2^4}\right) + \frac{0.75R}{TW3}\right]$$

$$L_2 = D^4\left[\left(\frac{0.75B}{D_2^4 - d_2^4}\right) + \frac{1.5R}{T_1 W_1 3}\right]$$

$$Le = D^4\left[\left(\frac{A + 0.8T}{D_1^4 - d_1^4}\right) + \left(\frac{1.5B}{D_2^4 - d_2^4}\right) + 1.5R\left(\frac{1}{TW3} + \frac{1}{T_1 W_1 3}\right)\right]$$

(C)

$$L_1 = D^4\left[\left(\frac{0.5A + 0.4T}{D_1^4 - d_1^4}\right) + \left(\frac{0.375B}{D_2^4 - d_2^4}\right) + \frac{0.75R}{TW3}\right]$$

$$L_2 = D^4\left[\frac{B_1}{(D_2^4 - d_2^4)} + \frac{B_1^3}{15R^2(D_2^4 - d_2^4)}\right]$$

$$Le = D^4\left[\left(\frac{A + 0.8T}{D_1^4 - d_1^4}\right) + \left(\frac{B_1 + 0.75B}{D_2^4 - d_2^4}\right) + \frac{1.5R}{TW3} + \frac{B_1^3}{15R^2(D_2^4 - d_2^4)}\right]$$

(D)

$$Le = D^4\left[\left(\frac{0.75B}{D_2^4 - d_2^4}\right) + \frac{1.5S}{T_1 W_1^3}\right]$$

(E)

$$Le = D^4\left[\left(\frac{0.75B}{D_2^4 - d_2^4}\right) + \frac{1.125R}{T_1 W_1^3}\right]$$

(F)

$$L_1 = \frac{D^4}{2}\left[\left(\frac{A + 0.8T}{D_1^4 - d_1^4}\right) + \left(\frac{0.75B}{D_2^4 - d_2^4}\right) + \frac{1.5R}{TW^3}\right]$$

$$L_2 = D^4\left[\left(\frac{0.75B}{D_2^4 - d_2^4}\right) + \left(\frac{0.75B_1}{D_3^4 - d_3^4}\right) + \frac{1.5R_1}{T_1 W_1^3}\right]$$

$$Le = D^4\left[\left(\frac{A + 0.8T}{D_1^4 - d_1^4}\right) + 2\left(\frac{0.75B}{D_2^4 - d_2^4}\right) + \left(\frac{0.75B_1}{D_3^4 - d_3^4}\right) + \frac{1.5R}{TW^3} + \frac{1.5R_1}{T_1 W_1^3}\right]$$

(G)

Por lo tanto, el sistema primitivo ha quedado reducido a un eje con tres inercias, como se muestra en la fig. 46 (b), cuya frecuencia natural se determina como ya hemos indicado a su debido tiempo.

En algunas ocasiones, el engranaje mencionado en vez de ser simple reducción como hemos supuesto, es decir, de dos piñones, puede ser de doble reducción, en cuyo caso hay que tener en cuenta que la relación N/N_n corresponde a la doble reducción.

Si los momentos de inercia de los piñones I_e e I_d son despreciables ante I_1 e I_3, el sistema se reduce al de la fig. 46, cuya frecuencia natural se determina inmediatamente.

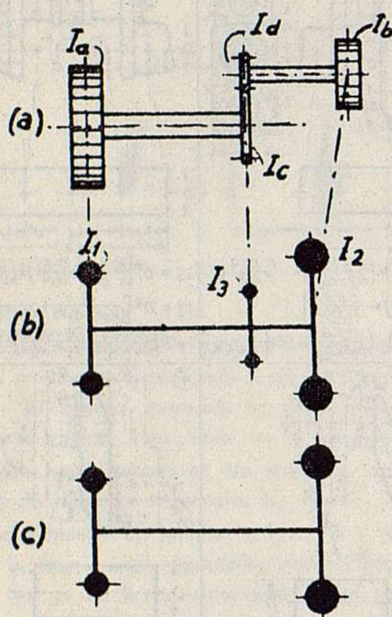


Fig. 46

16. *Sistemas con tres ejes engranados.*—La fig. 47 (a) representa un sistema de tres ejes engranados con las inercias I_a, I_f, I_d, I_e, I_b e I_p y las rigideces K_a, K_b y K_c. El sistema equivalente es el indicado en la fig. 47 (b), en el que todos los discos giran con la velocidad del eje *a*, siendo

$$I_1 = I_a \;,\; I_2 = I_d + I_f\,(N_c / N_a)^2 + I_c\,(N_b / N_a)^2$$
$$I_3 = I_b\,(N_b / N_a)^2 \;,\; I_4 = I_c\,(N_c / N_a)^2$$
$$K_1 = K_a \;,\; K_2 = K_b\,(N_b / N_a)^2 \;,\; K_3 = K_c\,(N_c / N_a)^2$$

El sistema de las figs. 47 (*c*), que es muy corriente en las aplicaciones prácticas, puede substituirse por el sistema equivalente de la fig. 47 (b), siendo:

$$I_1 = I_a \;,\; I_2 = [I_d + I_c\,(N_b / N_a)^2] \;,\; I_3 = I_b\,(N_b / N_a)^2$$
$I_4 = I_c$ (por girar los ejes I_a e I_b a la misma velocidad).
$$K_1 = K_a \;,\; K_2 = K_b\,(N_b / N_a)^2 \;,\; K_3 = K_c$$

La instalación correspondiente a la fig. 47 (d) es muy corriente en los buques, ya que puede representar dos turbinas o motores engranados a un eje porta-hélice.

La correspondiente a la fig. 47 (e) es muy utilizada en la transmisión de automóviles.

Estas dos instalaciones pueden substituirse por el sistema equivalente, fig. 47 (f), siendo:

$$I_1 = I_a \;,\; I_2 = [I_c + 2\,I_d\,(N_b / N_a)^2] \;,\; I_5 = 2\,I_b\,(N_b / N_a)^2$$
$$K_1 = K_a \;,\; K_4 = 2\,K_b\,(N_b / N_a)^2$$

La frecuencia natural del sistema, fig. 47 (f) sabemos se determina inmediatamente de lo expuesto al tratar de sistemas con tres grados de libertad.

La determinación de la frecuencia natural del sistema, fig. 47 (b), la hacemos a continuación de un modo general, por lo que nos detenemos ahora en ello.

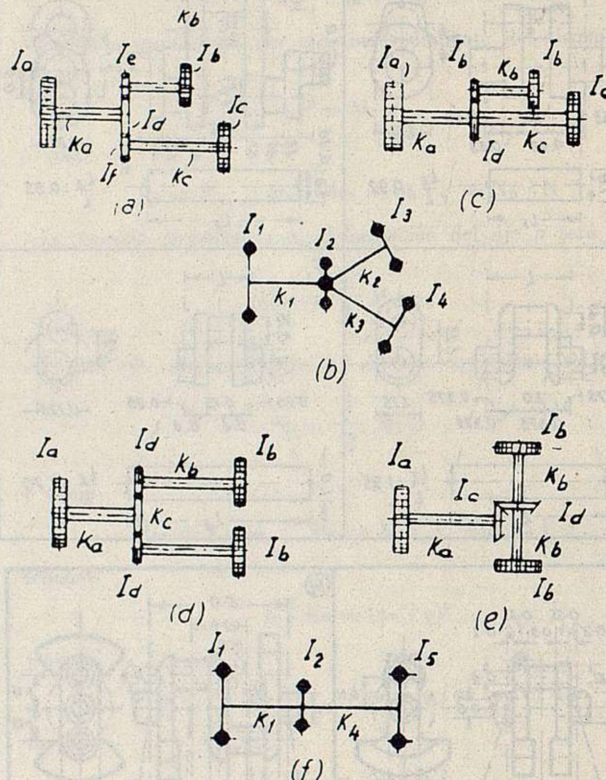


Fig. 47

17. *Ejes múltiples engranados.*—La fig. 48 (a) representa un sistema con cuatro ejes engranados cuyo sistema equivalente es el indicado en la fig. 48 (b) obtenido como anteriormente

$$I_1 = I_a \;,\; I_2 = I_c\,(N_e / N)^2 \;,\; I_3 = I_f \;,\; I_4 = I_g$$
$$I_{n+1} = I_e + I_b\,(N_e / N)^2 + I_d\,(N_g / N)^2$$
$$K_1 = K_a \;,\; K_2 = K_e\,(N_e / N)^2 \;,\; K_3 = K_f \;,\; K_4 = K_g\,(N_g / N)^2$$

Para determinar la frecuencia natural del sistema equivalente, basta recordar que de acuerdo con lo indicado al tratar de los sistemas con *n* grados de libertad, podemos indicar que

$$I_{n+1} = \frac{K_1}{\omega^2 - \left(\frac{K_1}{I_1}\right)^2} + \frac{K_2}{\omega^2 - \left(\frac{K_2}{I_2}\right)^2} + \dots\dots\dots + \frac{K_n}{\omega^2 - \left(\frac{K_n}{I_n}\right)^2}$$

Si designamos por ω_1, ω_2, ..., ω_n las frecuencias naturales de los ejes supuestos empotrados en las cajas de engranajes

$$\omega_1 + \frac{K_1}{I_1} \quad „ \quad \omega_2 = \frac{K_2}{I_2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad \omega_n \frac{K_n}{I_n}$$

luego

$$I_n + 1 = \frac{K_1}{\omega^2 - \omega_1^2} + \frac{K_2}{\omega^2 - \omega_2^2} + \ldots\ldots + \frac{K_n}{\omega^2 - \omega_n^2}$$

Si hacemos $\omega_1 = \omega_2 = \ldots\ldots \omega_n = \Omega$ se obtiene

$$(\omega^2 - \Omega^2)\left[I_n + 1 - \frac{K_1 + K_2 + \ldots\ldots + K_n}{\omega^2 - \Omega^2} \right] = 0$$

Las soluciones son:

$$\omega^2 = \Omega^2 \quad (1) \qquad \text{y} \qquad \omega^2 = \Omega^2 \frac{I_1 + I_2 + \ldots\ldots I_n}{I_n + 1} \quad (2)$$

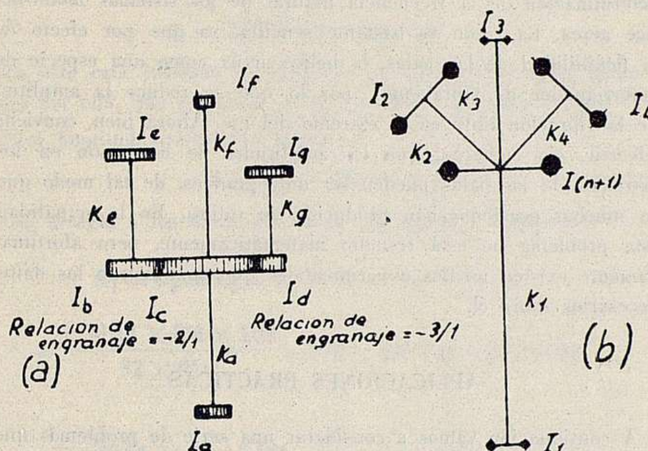


Fig. 48

El sistema que indicamos es muy corriente en instalaciones navales, ya que I_e, I_f e I_g pueden representar tres turbinas de vapor, I_a la hélice e I_d, I_c e I_b el tren de engranajes. Como sabemos, los modos naturales de vibración son tantos como los grados de libertad, y, por lo tanto, será preciso cerciorarse que los distintos momentos torsores no se encuentran en fase con ninguno de esos modos, para que no se produzca la resonancia. Sin embargo, si elegimos las características del sistema de tal modo que la frecuencia natural de cada inercia considerada como empotrada en la caja de engranaje, sea la misma para todas ellas, la frecuencia natural, de acuerdo con (2), toma únicamente dos valores independientemente del número de inercias, siendo uno de los modos precisamente el correspondiente a las inercias consideradas como unidas por un eje fijo, en la caja de engranaje.

Además, si el momento de inercia de la caja de engranajes e- muy grande, comparada con el momento de inercia total de las inercias, la frecuencia natural del sistema es la misma que la anterior común a todas ellas, no ejerciendo influencia que se desconecte o no del sistema, una cualquiera de aquéllas.

Si logramos que se produzca esa igualdad de las frecuencias naturales, se habrá conseguido disminuir grandemente el peligro de resonancia. Evidentemente, esto puede hacerse tomando valores adecuados para las inercias, para las rigideces de los ejes o para las relaciones de velocidades. En la práctica es más conveniente igualar las rigideces torsionales de los ejes mediante la inserción de acoplamientos flexibles en los ejes.

18. *Reductores de avión.*

Como es sabido, generalmente sobre todo con motores de gran potencia, el árbol porta-hélice no está directamente conectado con el cigüeñal, sino a través de un reductor, de tal modo que las revoluciones de la hélice sean inferiores a las del motor, para evitar las grandes velocidades periféricas que tanto reducen su rendimiento. La relación de revoluciones entre hélice y cigüeñal, varía normalmente entre 0,4 y 0,7.

El tipo más sencillo del reductor es el constituído por un piñón fijo al cigüeñal y una rueda dentada exterior o interiormente unida al eje porta-hélice. En este caso el sistema equivalente se obtiene sencillamente como ya hemos indicado.

Sin embargo, los reductores normalmente son mucho más complicados, tal como se indica en la Fig. 49.

La reducción $p = \dfrac{\text{r. p. m. de la hélice}}{\text{r. p. m. del cigüeñal}}$ de estos engranajes es la siguiente:

$$\text{Tipo I } r = \frac{A \, . \, D}{C \, . \, B}$$

$$\text{Tipo II } r = \frac{1}{1 + D/A}$$

$$\text{Tipo III } r = \frac{1 + C/D}{2\,(1 + C/D)}$$

$$\text{Tipo IV } r = \frac{1}{2\,(1 + C/D)}$$

Los sistemas equivalentes de motores radiales, con reductor de los tipos indicados y hélice, se obtienen como sigue:

a) *Reductor de piñones rectos.*—Si se supone que la conexión entre los piñones C y D de los ejes auxiliares es flexible, el sistema debe considerarse como se indica en la fig. 49 (V) (a), constituída por I_n, momento de inercia de la hélice; I_b = momento de inercia de la rueda B, del árbol porta-hélice; I_d = momento de inercia polar de los piñones D; I_c = momento de inercia polar de los piñones C; I_a = momento de inercia del piñón A; $I = m$ = momento de inercia del motor. Es decir, que el sistema queda reducido a seis inercias y tres ejes. Si como ocurre generalmente, pueden considerarse los piñones C y D como rígidamente conectados, el sistema equivalente se convierte en el indicado en la fig. 47 V (b), siendo I_n, I_b e I_m los mismos anteriores, $I_r = I_a + I_w \, p^{4} n$. I_w = momento de inercia respecto a su eje de rotación de los piñones C y D.

n = número de ejes auxiliares.

P_1 = relación de velocidades entre el eje auxiliar y el cigüeñal = A/C.

Este sistema puede reducirse ahora a un solo eje con tres inercias

$$I_3 = I_n \, p^2 \quad „ \quad I_2 = I_r + I_b \, P^2 \quad „ \quad I_1 = I_m$$

siendo $p = \dfrac{\text{r. p. m. del eje porta-hélice}}{\text{r. p. m. del cigüeñal}}$.

b) *Piñones epicicloidales.*

Disposición II.—I_n e I_m son los mismos que anteriormente

$$I_B = I_b + n\left(I_x + I_{\omega/2}\right) \quad I_r = I_A + I_\omega\, p_1^2\, n$$

siendo I_b = momento de inercia de la pieza B fija al árbol porta-hélice, apoyo de los satélites locos C, respecto a su eje de rotación.

I_x = momento de inercia de cada satélite C respecto al eje cigüeñal, suponiendo que la masa está concentrada en su centro de gravedad, es decir, que no incluye el momento de inercia del satélite respecto a su eje de rotación propia.

I_ω = momento de inercia de cada satélite C respecto a su eje de rotación propia.

I_A = momento de inercia de la pieza A unida al cigüeñal respecto a este eje.

n = número de satélites.

$$p_1 = \frac{\text{r. p. m. del eje porta-hélice}}{\text{r. p. m. del cigüeñal}} \times \frac{\text{n.º de dientes de la pieza D}}{\text{n.º de dientes del satélite C}}$$

Disposición III.

$$I_B = I_b + I_{xn} \qquad I_r = I_A + I_\omega\, P_1^2\, n$$

Todas las letras tienen el mismo significado anterior, excepto p_1, cuyo valor es

$$p_1 = \frac{\text{r. p. m. del árbol porta-hélice}}{\text{r. p. m. del cigüeñal}}\left(1 + \frac{\text{n.º de dientes de la pieza D}}{\text{n.º de dientes del satélite}}\right)$$

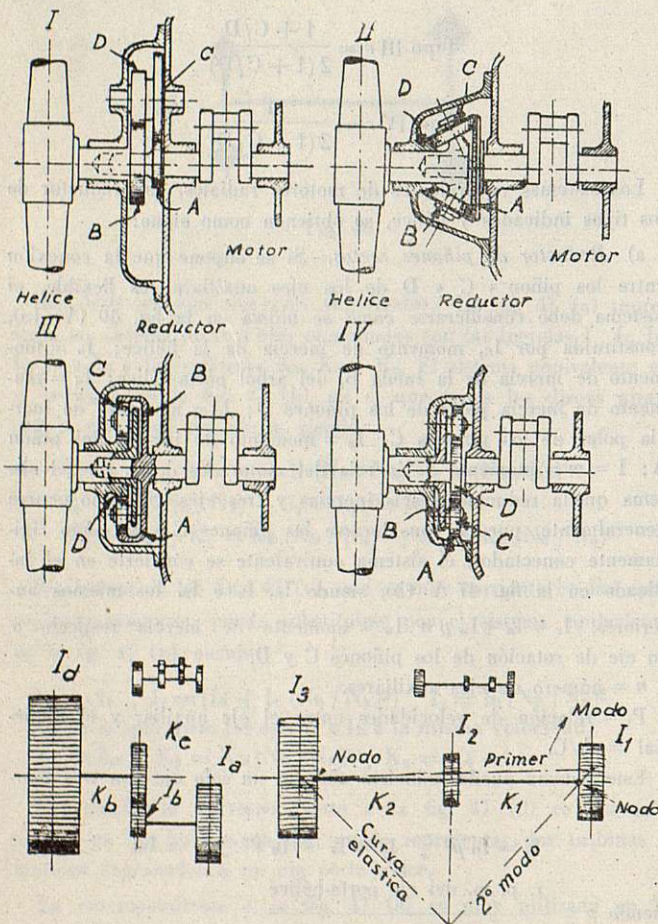


Fig. 49

Disposición IV.

$$I_B = I_b + I_x\, n \quad I_r = I_A + I_\omega\, p_1^2\, n$$

En este caso el valor de p_1 es el mismo anterior, pero con signo menos.

El problema se resuelve del mismo modo, cuando se consideran motores en línea.

Conviene tener presente que para obtener los sistemas equivalentes a los reales, hemos supuesto que la hélice es rígida, ya que se la substituye por una inercia concentrada del mismo momento de inercia que ella, respecto al eje porta-hélice. Ahora bien, sabemos que sobre todo en la actualidad esto no es cierto, a causa de ser las palas extremadamente flexibles, por la necesidad de emplear perfiles sumamente delgados, con el fin de obtener buenos rendimientos y materiales de aleaciones ligeras.

Ha podido comprobarse, lo mismo teórica que experimentalmente, que la suposición indicada produce errores apreciables en la determinación de la frecuencia natural de los sistemas motor-hélice aérea. La razón es bastante sencilla, ya que por efecto de la flexibilidad de las palas, la hélice actúa como una especie de amortiguador de vibraciones, por lo que se reduce la amplitud de la vibración libre en el extremo del eje. Ahora bien, conviene advertir, sin embargo, que las amplitudes de oscilación en los extremos de las palas pueden ser muy grandes, de tal modo que en muchas ocasiones han producido su rotura. En la actualidad este problema no está resuelto matemáticamente, pero afortunadamente existen medios experimentales que suministran los datos necesarios sobre él.

APLICACIONES PRÁCTICAS

A continuación vamos a considerar una serie de problemas que se presentan con gran frecuencia a los ingenieros proyectistas de motores. Algunos de dichos problemas los resolveremos por diversos métodos, para de este modo comprobar las pequeñas diferencias existentes en los resultados obtenidos con ellos.

Dividiremos los problemas en dos tipos: A) Sistemas en línea; B) Sistemas engranados.

A) *Sistemas en línea.*

Instalación naval.—a) Consideremos el caso de un motor Diesel de seis cilindros con volante y hélice, cuyos datos son los siguientes:

Radio de la muñequilla	38,1 cms.
Diámetro del eje del cigüeñal	31,0 »
Peso del émbolo y bulón	1.140 Kgs.
Peso de la biela	685 »
Momento de inercia equivalente a cada muñequilla	1.350 Kgs. cms. sg^2.
Momento de inercia del volante	86.625 Kgs. cms. sg^2.
Momento de inercia de la hélice	23.100 + 20 % = 27.720 Kgs. cms. sg^2.
Separación entre cilindros	91,5 cms.
Distancia del último cilindro al volante	91,5 »
Idem del volante a la hélice	4.575 »
Diámetro del eje porta-hélice	30,5 »
Velocidad de giro	100 r. p. m.
Potencia a esta velocidad	1.500 CV.

Empecemos por determinar el sistema equivalente.

Peso alternativo = peso del émbolo y bulón + ½ peso de la biela = 1.482,5 Kgs.

Peso rotativo = ½ peso de la biela = 342,5 Kgs.

El momento de inercia equivalente al émbolo, bulón y biela será

$$\frac{1}{2}\ \text{m. alt.}\ \gamma^2 + \frac{1}{2}\ (\text{masa biela})\ \gamma^2 = \frac{741'25 + 342,5}{981}\ 38^2 =$$

$$= 1.606\ \text{Kgs. cms. seg}^2$$

El momento de inercia total equivalente a cada muñequilla y a los elementos ligados a ella, será

$$1.350 + 1.606 = 2.956\ \text{Kgs. cms. seg}^2$$

Luego tendremos

$$I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = I_5 = I_6 = 2.956\ \text{Kgs. cm. seg}^2$$

$$I_7 = 86.625\ \text{Kgs. cms. seg}^2$$

Momento de inercia de la hélice

$$I_8 = 27.720\ \text{Kgs. cms. seg}^2$$

En este está incluído el momento de inercia del agua arrastrada por ella, que se supone es de un 20 % del suyo propio.

Para longitud equivalente tomamos

$$L_e = L = 90\ \text{cms.}$$

Con arreglo a los datos anteriores obtendremos igualmente

$$K_1 = K_2 = K_3 = K_4 = K_5 = K_6 = \frac{I}{L} =$$

$$= \frac{\pi\ 30'54 \times 8'4 \times 105}{32 \times 91'5} = 779 \times 10^6\ \text{Kgs. cms/radian}$$

y

$$K_7 = \frac{\pi\ 30'54 \times 84 \times 10^5}{32 \times 4575} = 15'6 \times 10^6\ \text{Kgs. cms/radian}$$

De acuerdo con estos valores, el sistema equivalente es el indicado en la fig. 50 (a), es decir, con ocho grados de libertad,

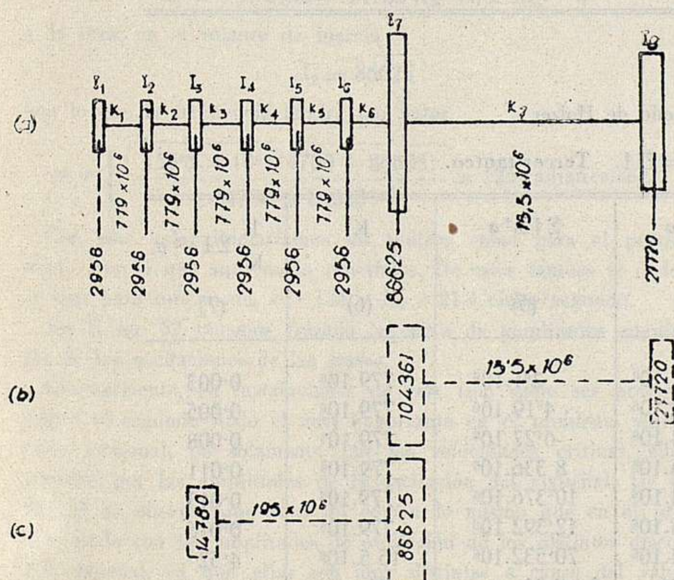


Fig. 50

el que naturalmente tendrá ocho frecuencias naturales, que podrían determinarse mediante la ecuación de frecuencia correspondiente, según se ha indicado en (3-4). Ahora bien, como esto resulta excesivamente complicado, vamos a aplicar los métodos prácticos anteriormente expuestos de Holzer, Porter y Lewis.

a) *Método de Holzer.*—Como en este método es necesario comenzar por suponer una frecuencia para el sistema, conviene para una primera aproximación reducir el sistema de la fig. 50, concentrando $I_1 \dots I_6$ en I_7, tal como se indica en la fig. 50 (b).

Evidentemente, en el primer modo el motor y el volante actúan prácticamente como un sólido rígido, y el sistema queda reducido a las dos masas indicadas, con el eje porta-hélice.

Esto equivale a suponer que el movimiento tiene un nodo entre el volante y la hélice, suponiendo que todo el motor con el volante constituye un cuerpo sólido. Cuando la longitud del eje entre el volante y la hélice es muy grande, se comete muy pequeño error al hacer tal suposición.

En este sistema

$$I_1 = 86625 + 6 \times 2956 = 104361\ \text{Kgs. cms. seg}^2$$

e

$$I_2 = 27720\ \text{Kgs. cms. seg}^2\ \text{y}\ K = 15,5 \times 10^2\ \text{Kgs. cm/radian}$$

La frecuencia natural de este sistema será:

$$\omega = \sqrt{\frac{15.5 \times 10^6 (104361 + 2772\ )}{2772{,}0 \times 104361}} = \sim 26,2\ \text{radianes/seg.}$$

Cuando se tiene alguna experiencia, se llega con una reducción acertada a obtener errores menores de un 10 % en la determinación de la frecuencia.

Para la aplicación de este método es conveniente la siguiente tabulación:

El último valor de la columna (5) nos indica que el momento de inercia total de todos los discos es

$$\Sigma\, I\, \omega^2 a = 3,05 \times 1^{\cdot 6}\ \text{Kgs. cms. seg}^2$$

o sea, el momento exterior que habría que aplicar en el último disco, para que el sistema vibrase con la frecuencia correspondiente a $\omega = 26.2$ radianes/seg. Ahora bien, según lo dicho al hacer el estudio teórico de este método, por haber llegado a un valor positivo para $\Sigma\, I\, \omega^2 a$, tenemos la seguridad de haber tomado para ω un valor demasiado pequeño, por lo que será necesario realizar un nuevo tanteo, tomando por ejemplo:

El resultado final de la columna (5) nos indica que la primera frecuencia natural es aún superior a la correspondiente a $\omega = 26,5$, por ser el momento resultante positivo.

Para la obtención de un nuevo valor de ω, que sin duda será muy próximo al verdadero, se puede hacer una extrapolación, suponiendo que la curva $\Sigma\, I\, \omega^2 a = f(\omega)$ es una recta en las proximidades de $\omega = 0$. Así obtendremos para el nuevo valor de ω a ensayar

$$\omega^2 = 700 + \frac{1'5}{4'01 \times 1'5}\,(700 - 680) = 711\ \text{rad}^2/\text{seg}^2)$$

Hagamos el tercer tanteo con este valor.

El resultado obtenido en la columna (5) nos muestra que el valor de $\omega = 26,7$ puede considerarse como el verdadero. Por lo

TABLA XIV.—Método de Holzer

Primer modo $\omega = 26{,}2$ „ $\omega^2 = 680$ „ $a_1 =$ radian. Primer tanteo.

Núm. del disco	I (1)	I ω^2 (2)	a (3)	I $\omega^2 a$ (4)	Σ I $\omega^2 a$ (5)	K (6)	$\frac{1}{K}\Sigma$ I $\omega^2 a$ (7)
1	2956	2.10^{6}	1	2.10^{6}	2.10^{6}	779.10^{6}	0'003
2	2956	2.10^{6}	0'997	1'994.10^{6}	3'99.10^{6}	779.10^{6}	0'005
3	2956	2.10^{6}	0'992	1'984.10^{6}	5'97.19^{6}	779.10^{6}	0'008
4	2956	2.10^{6}	0'984	1'968.10^{6}	7'93.10^{6}	779.10^{6}	0'010
5	2956	2.10^{6}	0'974	1'948.10^{6}	9'878.10^{6}	779.10^{6}	0'013
6	2956	2.10^{6}	0'961	1'922.10^{6}	11'80.10^{6}	779.20^{6}	0'015
7	86625	58'9.10^{6}	0'946	55'72.10^{6}	67'5.10^{6}	15'5.10^{6}	4'33
8	27720	18'85.10^{6}	—3'38	—63'55	+4'01.10^{6}=	M_{tex}.	

TABLA XV.—Método de Holzer

Primer modo $\omega = 26'5$ $\omega^2 = 700$. Segundo tanteo.

Núm. del disco	I (1)	I ω^2 (2)	a (3)	I $\omega^2 a$ (4)	Σ I $\omega^2 a$ (5)	K (6)	$\frac{1}{K}\Sigma$ I $\omega^2 a$ (7)
1	2956	2'07.10^{6}	1	2'07.10^{6}	2'07.10^{6}	779.10^{6}	0'003
2	2956	2'07.10^{6}	0'997	2'064.10^{6}	4'13.10^{6}	779.10^{6}	0'005
3	2956	2'07,10^{6}	0'992	2'054.10^{6}	6'18.10^{6}	779.10^{0}	0'008
4	2956	2'07.10^{6}	0'984	2'037.10^{6}	8'21.10^{6}	779.10^{6}	0'011
5	2956	2'07.10^{6}	0'973	2'014.10^{6}	10'22.10^{6}	779.10^{6}	0'073
6	2956	2'07.10^{6}	0'960	1'987.10^{6}	12'20.10^{6}	779.10^{6}	0'016
7	86625	60'3.10^{6}	0'944	56'9.10^{6}	64'4.10^{6}	15'5.10^{6}	4'45
8	27720	19'4.10^{6}	—3'50	—67'9.10^{6}	+1'4.10^{6}=	M_{tex}	

TABLA XVI.—Método de Holzer

Primer modo $\omega = 26'7$ $\omega^2 = 711$. Tercer tanteo.

Núm. del disco	I (1)	I ω^2 (2)	a (3)	I $\omega^2 a$ (4)	Σ I $\omega^2 a$ (5)	K (6)	$\frac{1}{K}\Sigma$ I $\omega^2 a$ (7)
1	2956	2'1.10^{6}	1	2'1.10^{6}	2'1.10^{6}	779.10^{6}	0'003
2	2956	2'1.10^{6}	0'997	2'09.10^{6}	4'19.10^{6}	779.10^{6}	0'005
3	2956	2'1 10^{6}	0'992	2'08.10^{6}	6'27.10^{6}	779.10^{6}	0'008
4	2956	2'1.10^{6}	0'984	2'06.10^{6}	8'336.10^{6}	779.10^{6}	0'011
5	2956	2'1.10^{6}	0'973	2'04.10^{6}	10'376.10^{6}	779.10^{6}	0'013
6	2956	2'1.10^{6}	0'960	2'16.10^{6}	12'392.10^{6}	779.10^{6}	0'016
7	86625	61'59.10^{6}	0'944	58'14.10^{6}	70'532.10^{6}	15 5.10^{6}	4'52
8	27720	19'70.10^{6}	—3'58	+70'526	$+0'01 =	M_{tex}	

tanto, podemos tomar como frecuencia más baja del movimiento, es decir, la correspondiente al primer modo

$$f_{n_1} = \frac{\omega}{2\pi} = 4'25 \text{ ciclos por segundo}$$

La columna 3 de la tabla nos da las amplitudes angulares de la oscilación, que están dibujadas en la fig. 51, la que nos muestra que son aproximadamente iguales y pequeñas para los cilindros y el volante, y muy grande para la hélice. Dicha curva, según hemos indicado, se denomina «curva elástica normal del primer modo del movimiento.

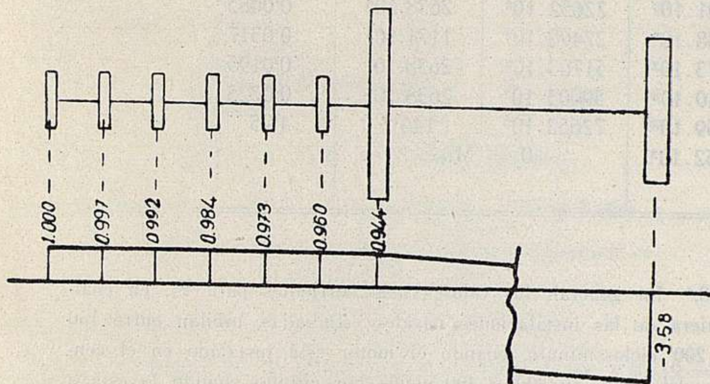


Fig. 51

Puede obtenerse una primera aproximación para el segundo modo del movimiento, teniendo en cuenta que por ser la frecuencia alta, la amplitud en la hélice será muy pequeña y, por lo tanto, un nodo estará próximo a ella. Otro nodo estará entre los cilindros y el volante, y muy próximo a éste. Por todo ello, el eje porta-hélice ejerce muy poca influencia en este segundo modo.

Para esta aproximación, por las razones anteriores, consideramos el sistema constituído por dos masas, fig. 50 (c), una en el cilindro 3 de inercia

$$I_1 = 5 \times 2956 = 14780 \text{ Kgs cms. seg}^2$$

y la otra, en el volante de inercia

$$I_2 = 86625$$

con lo que la frecuencia tendrá por valor

$$\omega = \sqrt{\frac{155'8 \times 10^6 (14780 + 86625)}{14780 \times 86625}} = 125 \text{ radianes/seg.}$$

Con este valor iniciaríamos los tanteos como para el primer modo, por lo que aquí no lo repetimos. De estos tanteos se deduce que para este modo, $\omega = 134$ y $f_{nr} = 21{,}3$ ciclos/segundo.

En la fig. 52 tenemos trazada la curva de amplitudes angulares de las oscilaciones de las masas.

Generalmente, en instalaciones de este tipo suele ser precisamente el segundo nodo el más importante en el problema vibratorio torsional, no solamente por las velocidades críticas, sino también por las amplitudes de la oscilación del cigüeñal. De la fig. 52 se observa que aquí no ocurre lo mismo que en el primer modo con las amplitudes de oscilación de los distintos discos del cigüeñal, ya que ellas son muy distintas a causa del valor elevado de ω.

El primer nodo de este movimiento está en las proximidades

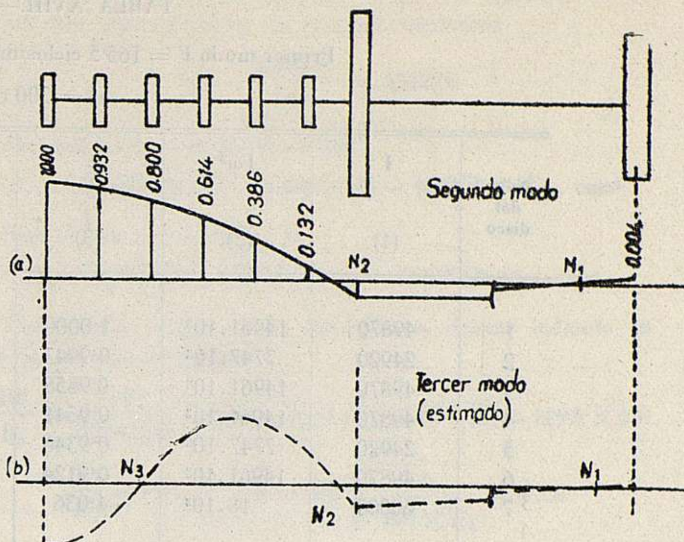


Fig. 52

del volante (entre el cilindro 6 y el volante), y el otro entre la hélice y el volante.

Instalación naval b).—En ocasiones se suele emplear la instalación marina indicada en la fig. 53, es decir, sin volante. En estos casos se substituye el efecto del volante por medio de contrapesos, colocados en la prolongación de los brazos del cigüeñal.

Consideremos un sistema constituído por un motor de seis cilindros, de cuatro tiempos simple efecto, cuyas características son: diámetro D = 620 mm., carrera c = 1.300 m.. Potencia = 2.750 CV. a 138 r. p. m., orden de encendido 1-4-2-6-3-5 y una hélice.

Del mismo modo que en el caso anterior, podemos determinar el sistema equivalente, cuyos datos son:

$I_1 = I_3 = I_4 = I_6 = 49870$ Kms. cms. seg^2
$I_2 = I_5 = 24920$ Kgs. cms. seg^2
$I_7 = 60000$ Kgs. cms. seg^2
$K_1 = K_2 = K_4 = K_5 = 2638 \times 10^6$ Kgs. cms/radian
$K_3 = 1171 \times 10^6$ Kgs. cms/radian
$K_6 = 146'7 \times 10^6$ Kgs. cms/radian
$l_1 = l_2 = 100$ cms. $\quad l_3 = 230$ cms. $\quad l_4 = l_5 = 100$ cms.
$l_6 = 18300$ cms.

En este caso, no cabe duda que se tiene una gran aproximación de la frecuencia correspondiente al primer modo, substituyendo el sistema equivalente actual por otro constituído para la hélice y un disco en el cilindro 6.

De este modo obtenemos para la frecuencia F_1 del primer modo mediante una serie de tanteos al valor $F_1 = 165{,}5$ ciclos/minuto, que, como vemos por la siguiente tabulación, puede considerarse como el definitivo.

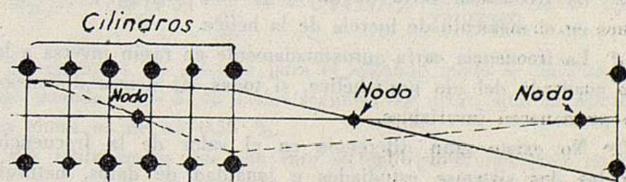


Fig. 53

TABLA XVIII.—Método de Holzer

Primer modo F = 165'5 ciclos/minuto, $\omega = 17'32$ radianes/seg.

$\omega^2 = 300$ radianes/seg²

Núm. del disco	I (1)	$I\omega^2$ (2)	a (3)	$I\omega^2 a$ (4)	$\Sigma I\omega^2 a$ (5)	K (6)	$\frac{1}{K}\Sigma I\omega^2 a$ (7)
1	49870	14961.10³	1'0000	14961.10³	14961.10³	2638.10⁶	0'0057
2	24920	7747.10³	0'9943	7691.10³	22652 10³	2638.10⁶	0'0085
3	49870	14961.10³	0'9858	14738.10³	27490.10³	1171.10⁶	0'0317
4	49870	14961.10³	0'9541	14273.10³	51763.10³	2638.10⁶	0'0195
5	24920	7747.10³	0'9346	7240.10³	59003 10³	2638.10⁶	0'0223
6	49870	14961.10³	0'9124	13659.10³	72652.10³	146'7	4'95
7	60000	18.10³	—4'036	72652.10³	0 = M_{tex}		

Igualmente se obtiene para el segundo modo

$$F_2 = 1041 \text{ ciclos/minuto}$$

Las curvas de las amplitudes relativas de las oscilaciones, que están representadas en la fig. 53, nos indican que el primer nodo del segundo modo se encuentra aproximadamente en el punto medio del cigüeñal del motor, mientras el segundo se aproxima a la hélice, así como que las amplitudes son aproximadamente simétricas respecto al cigüeñal, lo cual, como veremos a su debido tiempo, al tratar de las velocidades críticas, representa una ventaja. La amplitud de la hélice es muy pequeña.

CONSECUENCIAS

El examen de las fórmulas que nos han dado las frecuencias aproximadas, así como las curvas elásticas para el primer modo en los dos sistemas considerados, nos permite formular las siguientes consecuencias:

1.ª La frecuencia del primer modo no es alterada apreciablemente por variaciones en el momento de inercia del volante.

2.ª En los dos sistemas el nodo está situado en el eje porta-hélice, y las masas de los cilindros vibran aproximadamente con la misma amplitud, siendo la amplitud de la hélice mucho mayor.

3.ª La frecuencia es muy poco afectada por las variaciones de rigidez del cigüeñal, porque él es mucho más rígido que el eje porta-hélice.

4.ª La frecuencia se altera de un modo apreciable variando el diámetro del eje porta-hélice. Aproximadamente, ella es proporcional al cuadrado de su diámetro.

5.ª La frecuencia varía de un modo muy notable por alteraciones en el momento de inercia de la hélice.

6.ª La frecuencia varía aproximadamente en razón inversa a la raíz cuadrada del eje porta-hélice, si todas las demás dimensiones permanecen invariables.

7.ª No existe gran diferencia en el valor de la frecuencia con los dos sistemas estudiados e igualdad de datos, naturalmente.

8.ª En general, los valores más corrientes para F_1, en cualquiera de las instalaciones navales estudiadas, oscilan entre 150 y 200 ciclos/minuto, cuando el motor está instalado en el centro del buque, y 300 y 400 ciclos por minuto cuando lo está a popa.

Respecto al segundo modo puede indicarse:

1.º En la instalación (a) uno de los nodos está entre el último cilindro y el volante, y el otro está muy cerca del volante. Las amplitudes son muy diferentes para los distintos cilindros y muy pequeña para la hélice.

2.º En la instalación (b) uno de los nodos está hacia el centro de los cilindros y el otro está más próximo a la hélice que en la instalación (a).

3.º Las curvas de amplitudes nos muestran que en la instalación (b) es aproximadamente simétrica para los cilindros, respecto al nodo. Es decir, que los cilindros de un lado del nodo tienen amplitudes iguales en magnitud, pero de distinto signo que los del otro. Esto, como veremos al hacer el estudio del par motor, es una gran ventaja.

4.º La amplitud en la hélice es muy pequeña en las dos instalaciones.

5.º Las variaciones de momento de inercia de la hélice no influyen apreciablemente en la frecuencia f_2.

6.º Las variaciones en el diámetro del eje porta-hélice no afectan sensiblemente a f_2.

7.º La frecuencia f_2 es muy afectada por el diámetro del cigüeñal y su distribución de masas.

8.º Aproximadamente puede decirse que f_2 es directamente proporcional al cuadrado del diámetro del eje del cigüeñal e inversamente proporcional a la carrera del diámetro.

9.º Las frecuencias f_2 en las instalaciones marinas oscilan entre 500 y 1.500 ciclos/minuto, y no ejerce en ellas gran influencia la posición del motor en el buque.

10. En general, la disposición (b) es preferible a la (a), ya que ella conduce a un valor de f_2 muy superior a la de (a), lo que hace que las velocidades críticas sean siempre superiores a

las normales de funcionamiento, y además produce simetría en las amplitudes, como hemos indicado.

b) *Método de Lewis.*

Instalación naval a).—La inercia total uniformemente distribuída será

$$I_u = 2956 \times 6 = 17736 \text{ Kgs. cms. seg}^2$$

y la rigidez torsional del eje

$$K = \frac{779 \times 10^6}{6'5} = 119'8 \times 10^6 \text{ Kgs. cms/radian}$$

Con estos valores

$$\sqrt{\frac{I}{K}} = 0'01215 \text{ seg.}$$

$$\sqrt{IK} = 1461 \times 10^6 \text{ Kgs. cms. seg.}$$

Si tomamos $\omega = 26{,}7$, la amplitud a_7 en el disco 7 será

$$a_7 = \varphi(l) = \cos . \theta = \cos(26'7.0'01215) \text{ (radianes)} = = \cos 18° 38' = 0'948$$

y el momento justo a la izquierda del disco 7 será

$$M_{tex} = \Sigma I \omega^2 a = \omega \sqrt{IK} \text{ sen } \theta = 26'7 \times 1461 \times 10^6 \times 0'319 = = 12'433 \times 10^6 \text{ Kgs. cms.}$$

valores que vemos son muy aproximados a los obtenidos en el método anterior.

Operando para el segundo modo con $\omega = 134$ se obtiene

$$a_7 = \cos \omega \sqrt{\frac{I}{K}} = \cos(134.0'01215) \text{ (radianes)} = = \cos 93'5° = -0'061$$

$$M_{tex} = 134.1'461 . 10^6 \text{ sen } 93'5° = 195'77 . 10^6 \text{ Kgs. cm.}$$

Comparados estos valores con los de la tabulación correspondiente a Holzer, se comprueba cierta discrepancia, principalmente en los valores de a. Si tomamos $\omega = 139$ en vez de $\omega = 136$, se comprueba la conformidad entre los valores obtenidos para los dos métodos. Por lo tanto, podemos decir que el método de Lewis nos ha dado valores más que aceptables para el primer modo, y con un error aproximado de un 3,7 % para el segundo. Esto hace pensar que, dada la facilidad en la aplicación del método que consideramos, debe ser empleado, para una primera aproximación, con lo que sin duda se reducirá el número de tanteos.

Método de Porter.

Instalación Naval a).—Ya hemos indicado que Porter aconseja utilizar en su método las unidades de Kgs. cm² para I, en vez de Kgs. cm. seg², y aunque realmente no parece exista una gran ventaja en ello, vamos nosotros a seguir el camino indicado por el autor.

Así tendremos que el nuevo sistema equivalente será

$$I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = I_5 = I_6 = 2956 \times 981 = 2899856 \text{ Kgs. cms}^2$$

$$I_7 = 86625 \times 981 = 84977125 \text{ Kgs. cms}^2$$

$$I_8 = 27720 \times 981 = 27193320 \text{ Kgs. cms}^2$$

Distribuiremos uniformemente las masas del cigüeñal, de tal modo que, por centímetro de longitud, tendremos

$$I_u = \frac{2899856}{90} = 32220'6$$

luego habrá una inercia distribuída

$$I_\omega = 2899856 \times 6 + 32220'6 \times 45 = 18849063 \text{ Kgs. cms}^2$$

y una inercia en el volante de

$$I_{12} = 84977125 - 32220'6 \times 45 = 83527198 \text{ Kgs. cms}^2$$

Con arreglo a estos datos tendremos el sistema indicado en la fig. 54, siendo además

$$\frac{10^6}{I_{23}} = \frac{10^6}{27193320} = 0{,}036 \text{ „ } K_2 = 15'5 \times 10^6 \text{ „ } K_1 = 119'8 \times 10^6$$

$$\frac{I_{23}}{K_2} = 1'75 \qquad \Phi = 360 \sqrt{\frac{I_u}{981 \times K_1}} = 4'557$$

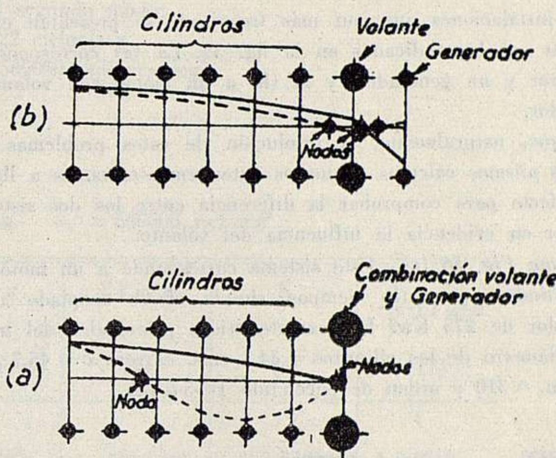


Fig. 54

Con arreglo a estos datos podemos establecer la siguiente tabulación:

Estos cálculos nos demuestran que la frecuencia del sistema con arreglo al método de Porter no es 4.23.

Si repetimos los cálculos con $f_1 = 4{,}243$ se observará que obtendremos efectivamente en la columna (9) dicho valor de 4,243. Esto nos indica que la diferencia del valor obtenido respecto al de Holzer es de 0,16 por 100.

Las amplitudes relativas serán:

$$a_1 = \cos 4'557 \times 4'243 \frac{x}{l} = \cos 19'34 \frac{x}{l}$$

$$a_{12} = \cos 19'34 \, (x = l) = 0'94357$$

$$a_{23} = -\cos 19'34 \frac{I'_{oh}}{I''_{lh}} = -0'94357 \times \frac{102376251}{27193320} = -3'578$$

Si repetimos los cálculos para el segundo modo se obtiene por este método $f_2 = 21{,}42$ ciclos/segundo, es decir, que la diferencia ahora es de un 0,56 %.

Por tanto vemos que con este método puede reducirse en casos como el considerado el número de tanteos necesarios.

TABLA XIX.—Método de Porter

Primer modo

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
f	$\Phi_1 \times f$ 4'557	T (2)	$I'_{11} \times 10^{-6}$ $(3) \times I_u =$ $= (3) \times$ $\times 18'849$	$I'_{02} \times 10^{-6}$ $(4) + 83'27$	$\frac{10^6}{I'_{02}}$ 1/(5)	$\frac{10^6}{I'_{02}} + \frac{10^6}{I_{23}}$ (6) + 0'036	$\frac{\omega^2}{g}$ (7) × 15'5	$\sqrt{\frac{(8) \times 981}{2\pi}}$
4'23	19'28	1'0395	19'593	102'863	0'0097	0'0457	0'7083	4'243

INSTALACIONES TERRESTRES

Las instalaciones que con más frecuencia se presentan en la práctica son las indicadas en la fig. 55. La (a) corresponde a un motor y un generador, y la (b) a un motor con volante y generador.

Aunque, naturalmente, la resolución de estos problemas exigen los mismos cálculos expuestos anteriormente, vamos a llevarla a efecto para comprobar la diferencia entre los dos sistemas y poner en evidencia la influencia del volante.

Sistema Fig. 56 (a).—Este sistema corresponde a un motor de seis cilindros y cuatro tiempos, simple efecto acoplado a un generador de 275 Kw. Las características principales del motor son: diámetro de los cilindros = 34,3 cms. carrera c = 45,7 cms. r. p. m. = 310 y orden de encendido 1-3-5-6-4-2.

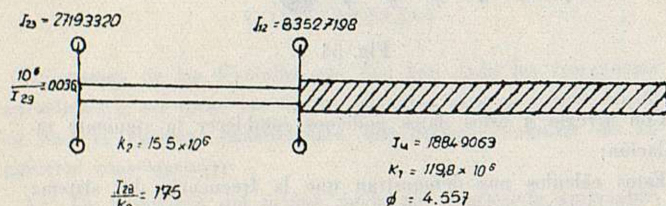


Fig. 55

Aunque para nuestro problema actual no son necesarios algunos de los datos anteriores, lo hacemos así porque más tarde, al hacer otras aplicaciones, tendremos que hacer uso de ellos.

Los datos del sistema equivalente, obtenido como anteriormente, son:

$$I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = I_5 = I_6 = 190'57 \times 981 = 187959'6 \text{ Kgs cms}^2$$
$$I_7 = 27142'5 \times 981 = 26646792'5 \text{ Kgs. cms}^2$$
$$K_1 = K_2 = K_3 = K_4 = K_5 = 233'3 \times 10^6 \text{ Kgs. cms/radian}$$
$$K_6 = 196'3 \times 10^6 \text{ Kgs. cms/radian}$$

Separación entre discos correspondientes a cilindros:

$$l_1 = l_2 = l_3 = l_4 = l_5 = 68'6$$

Idem:

$$l_6 = 81'3 \text{ cms.}$$

Método de Holzer.—Para evitar la repetición de cálculos, suponemos realizados los primeros tanteos, como en el problema anterior, y que hemos llegado por fin a:

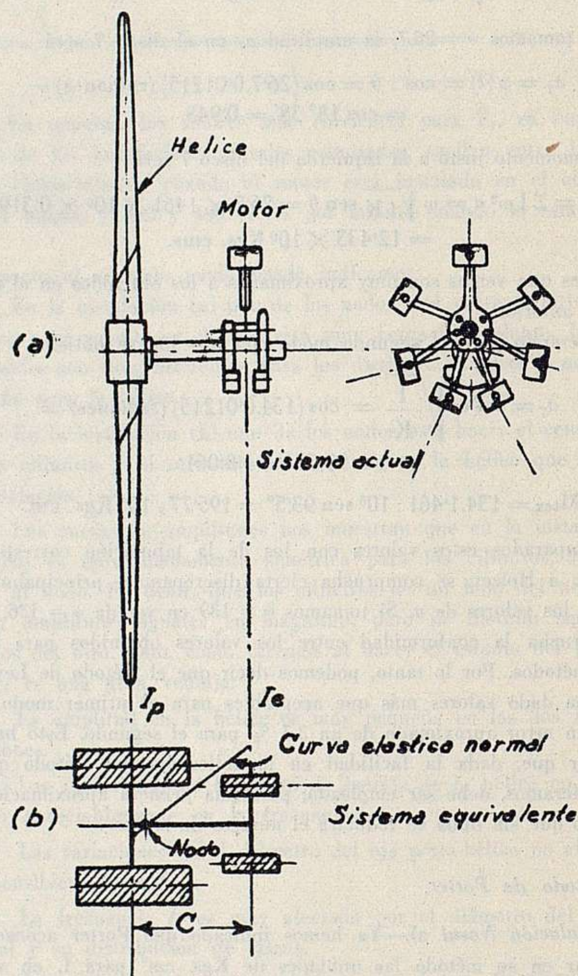


Fig. 56

F_1 = 2520 ciclos/minuto $\quad f_1$ = 42 ciclos/segundo

ω_1 = 264 radianes/segundo $\quad \omega_1^2$ = 69750 radianes/seg²

De este modo establecemos la siguiente tabulación:

TABLA XX

Primer modo. $\omega_1 = 264$ r/s $\omega_1^2 = 69750$ r^2/s^2

Núm. del disco	I (1)	$I\omega^2$ (2)	a (3)	$I\omega^2 a$ (4)	$\Sigma I\omega^2 a$ (5)	K (6)	$\frac{1}{K}\Sigma I\omega^2 a$ (7)
1	190,57	$13,3.10^{6}$	1,0000	$13,3.10^{6}$	$13,3.10^{6}$	$233,3.10^{6}$	0,0570
2	190,57	$13,3.10^{6}$	0,9430	$13,53.10^{6}$	$25,83.10^{6}$	$233,3.10^{6}$	0,1105
3	190.57	$13,3.10^{6}$	0,8325	$11,06.10^{6}$	$36,9.10^{6}$	$233,3.10^{6}$	0,1580
4	190,57	$13,3.10^{6}$	0,6745	$8,9.10^{6}$	$45,8.10^{6}$	$233,3.10^{6}$	0,1965
5	190,57	$13,3.10^{6}$	0,4780	$6,35.10^{6}$	$52,15.10^{6}$	$233,3.10^{6}$	0,2240
6	190,57	$13,3.10^{6}$	0,2540	$3,4.10^{6}$	$55,25.10^{6}$	$196,3.10^{6}$	0,2833
7	27142,5	1894.10^{6}	—0,0293	$55,49.10^{6} = \sim$	0		

Del mismo modo se obtiene para el segundo modo:

$F_2 = 7325$ ciclos/minuto $f_2 = 122$ ciclos/seg.

$\omega_2 = 767$ radianes/seg. $\omega_2^2 = 589000$ radianes seg^2

TABLA XXI

Segundo modo. $\omega_2 = 767$ radianes/seg. $\omega_2^2 = 589000$ rad/seg^2

Núm. del disco	I (1)	$I\omega^2$ (2)	a (3)	$I\omega^2 a$ (4)	$\Sigma I\omega^2 a$ (5)	K (6)	$\frac{1}{K}\Sigma I\omega^2 a$ (7)
1	190,57	$112,3.10^{6}$	1,0000	$112,3.10^{6}$	$112,3.10^{6}$	$233,3.10^{6}$	0,4810
2	190,57	$112,3.10^{6}$	0,5190	$58,3.10^{6}$	$170,6.10^{6}$	$233,3.10^{6}$	0,7310
3	190,57	$112,3.10^{6}$	0,2120	$-23,8.10^{6}$	$146,8.10^{6}$	$233,3.10^{6}$	0,6290
4	190,57	$112,3.10^{6}$	0,8410	$-94,4.10^{6}$	$52,4.10^{6}$	$233,3.10^{6}$	0,2250
5	190,57	$112,3.10^{6}$	1,0660	$119,5.10^{6}$	$-67,1.10^{6}$	$233,3.10^{6}$	0,2880
6	190,57	$112,3.10^{6}$	0,7780	$-87,4.10^{6}$	$154,5.10^{6}$	$196,3.10^{6}$	0,7876
7	27142,5	$15996,7.10^{6}$	0,0096	$154,53.10^{6}$	= 0		

Método de Porter.—Con arreglo a los datos obtenidos para el sistema equivalente, podemos substituir éste por otro constituído por una inercia uniformemente distribuída I_u de valor

$$I_u = 187.959'6 \,.\, 6 + \frac{187959'6}{68'6} \cdot \left(81'3 - \frac{68'6}{2}\right) =$$
$$= 1256693'6 \text{ Kgs. cm}^2$$

y un disco I_{12} de inercia

$$I_{12} = 26646792'5 - 128936 = 26517856'5 \text{ Kgs. cm}^2$$

Con estos valores obtenemos

$$\frac{I_{12}}{I_u} = 21'1 \qquad I_1 = 458{,}6 \text{ cms.}$$

$$K_1 = 34.899.948 \text{ Kgs. cms/radian}$$

$$\Phi_1 = 360 \sqrt{\frac{I_u}{981 \,.\, K_1}} = 360 \sqrt{\frac{1256693'6}{981 \,.\, 3489948}} = 2'17$$

Por lo tanto,

$$f = \frac{T^{-1}(-21{,}1)}{2'17} = \frac{91'69}{1'17} = \simeq 42'16 \quad \text{ciclos/segundo.}$$

Es decir, que el error cometido respecto al método de Holzer no llega a ser de un 0,4 %.

Igualmente para el segundo modo se llega al valor $f = 7465$ ciclos/segundo, comprobándose por lo tanto que el error no llega a ser de un 20 %.

Sistema tipó (b).—Este sistema corresponde a un motor con volante y generador, cuyos datos son:

$$I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = I_5 = I_6 = 866 \text{ Kgs. cms. seg}^2 = 849746 \text{ Kgs. cm}^2$$

$$I_7 = 21367 \text{ Kgs. cms. seg}^2 = 20961517 \text{ Kgs. cm}^2.$$

$$I_8 = 12705 \text{ Kgs. cms. seg}^2 = 12463605 \text{ Kgs. cm}^2.$$

$$K_1 = K_2 = K_3 = K_4 = K_5 = 537 \times 10^6 \text{ Kgs. cm./radian}$$

$$K_6 = 450'6 \,.\, 10^6 \text{ Kgs. cm./radian}$$

$$K_7 = 727'6 \,.\, 10^6 \text{ Kgs. cm./radian}$$

$$l_1 = l_2 = l_3 = l_4 = l_5 = 109 \text{ cms.}$$

$$l_6 = l_7 = 129 \text{ cms.}$$

Método de Holzer.—Por ser I_7 muy superior a I_8 y ser l_7 relativamente pequeña, el nodo correspondiente al primer modo está muy cerca del disco I_7. Por ello se tiene una buena aproximación reduciendo el sistema a uno de dos discos I_1 e I_2, suponiendo concentrados en I_1 los discos I_1 e I_2, en I_2 los seis discos de los cilindros, y suponiendo que esto está situado en el disco I_4. Mediante este sistema se obtiene $\omega_1^2 = \sim 37000$. Ahora bien, mediante una serie de tanteos llegamos a probar $\omega_1^2 = 36812$ que, como vemos por la tabla, puede tomarse como la solución buscada.

Por tanto, la frecuencia natural para el primer modo será

$$f_1 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{36812} = 30'535 \text{ ciclos/segundo.}$$

Para el segundo modo, teniendo en cuenta que un nodo se produce entre los discos I_7 e I_8 se pueden comenzar los tanteos por $\omega_2^2 = 91400$ que corresponde al sistema constituído por los discos I_7 e I_8 y el eje de rigidez K_7. Mediante dichos tanteos se llega al valor

$$\omega_2^2 = 94416 \quad \text{y} \quad f_2 = 48{,}904 \text{ ciclos/segundo}$$

En la fig. 55 están trazadas las curvas de amplitudes, relativas correspondientes a los dos modos.

Método de Porter.—Para aplicar este método suponemos como anteriormente, que la inercia de los cilindros, y parte de la del volante, se distribuye uniformemente, siendo

$$I_u = 866 \times 6 + \frac{866}{109} \times \frac{129}{2} = 5708 \text{ Kgs. cms. seg}^2 =$$

$$= 6.599.548 \text{ Kgs. cm}^2$$

$$I_{12} = 20.961517 - 512 \times 981 = 20.459245 \text{ Kgs. cm}^2$$

$$K'_1 = 87'7 \times 10^6 \text{ Kgs. cm/radian}$$

$$\Phi_1 = 360 \sqrt{\frac{I_u}{g \,.\, K'_1}} = 3'09$$

Podemos, igualmente que en los casos anteriores, tantear diversos valores para llegar por fin a probar

$$f_1 = 30{,}56 \text{ ciclos/segundo}$$

TABLA XXII. — METODO DE HOLZER

Primer modo. $\omega_1^2 = 36812$

Núm. del disco	I (1)	$I\omega^2$ (2)	a (3)	$I\omega^2 a$ (4)	$\Sigma I\omega^2 a$ (5)	K (6)	$\frac{1}{K}\Sigma I\omega^2 a$ (7)
1	866	$31{,}8.10^6$	1	$31{,}8.10^6$	$31{,}8.10^6$	537.10^6	0,0594
2	866	$31{,}8.10^6$	0,9406	$30{,}10^6$	$61{,}8.10^6$	537.10^6	0,1153
3	866	$31{,}8.10^6$	0.8253	$26{,}2.10^6$	88.10^6	537.10^6	0,1642
4	866	$31{,}8.10^6$	0,6611	21.10^6	109.10^6	537.10^6	0,2025
5	866	$31{,}8.10^6$	0,4576	$14{,}5.10^6$	$123{,}5.10^6$	537.10^6	0,2307
6	866	$31{,}8.10^6$	0,2271	$7{,}2.10^6$	$130{,}7.10^6$	$450{,}7.10^6$	0,2896
7	21367	$786{,}5.10^6$	— 0,0625	-49.10^6	$181{,}7.10^6$	$727{,}6.10^6$	0,1122
8	12705	$467{,}7.10^6$	— 0,1747	$-81{,}7.10^6$	$0 = M_{tex}$		

Como hacemos la reducción a partir de la izquierda, emplearemos la siguiente Tabla número XXIII.

Como vemos, el error cometido es pequeñísimo.

CONSECUENCIAS.

La forma general de las curvas de amplitudes relativas de las oscilaciones de los dos sistemas considerados están indicadas en la fig. 55.

Como norma general puede decirse:

1.º Que la disposición (b) es más conveniente por las siguientes razones: *a*), la frecuencia correspondiente al primer modo, y la relación entre las frecuencias del segundo y primer modo a causa de la concentración de masas. Esto es una ventaja, ya que de este modo las velocidades normales se encuentran por debajo de las críticas.

2.º Para el primer modo las curvas elásticas nos muestran que su inclinación en el nodo es muy superior en la disposición (a). Esto, como veremos al tratar de la determinación de esfuerzos, produce un esfuerzo vibratorio mayor en dicho nodo.

TABLA XXIII.—Método de Porter

Primer modo

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
f	$\frac{\omega^2}{g}$ 0'042	$\frac{I_{23}}{K_7} \cdot \frac{\omega^2}{g}$ (2) 0'017	1—(3)	$I''_{02} \cdot 10^{-6}$ $I_{23}/(4)$	$I''_{11} \cdot 10^{-6}$ $(5) + I_{12}$	$-I''_{11} / I_u$ $-(6)/I_u$	T^{-1} (7)	f $\frac{(8)}{1}$
30'5	37'2	0'632	1'368	33868.10	54327245	— 8'23	94'2	30'4

3.º Como los nodos están situados en la disposición (b) muy cerca del conjunto «generador volante», tiene muy poca influencia sobre la frecuencia la masa de este conjunto, lo que es muy interesante, ya que el acoplamiento en paralelo de los alternadores exige un gran volante.

Instalaciones aéreas.

Aunque, naturalmente, no vamos a hacer aquí una descripción de los diferentes tipos de motores aéreos, sí conviene dar algunas ideas sobre ellos, sobre todo para aquellos lectores que no pertenezcan a esta rama de la ingeniería.

Los motores aéreos se dividen en dos tipos esenciales, *a*) radiales o en estrellas, y *b*) en línea.

Los motores radiales o en estrella, de acuerdo con su potencia, pueden tener una o varias estrellas. En el primer caso, todos los cilindros están unidos a una muñequilla de cigüeñal, y en el segundo los cilindros de cada estrella están unidos a una muñequilla.

Los motores en línea de acuerdo con su potencia, pueden tener uno o varios bloques en forma de V, X, H, etc. Estando siempre unidos los cilindros situados en un mismo plano transversal, a la misma muñequilla del cigüeñal.

La hélice puede estar conectada con el motor, bien directamente sin órgano intermedio alguno, o bien mediante un reductor de engranajes.

Para el cálculo de las frecuencias naturales de estos sistemas, habrá que suponer en los motores de una estrella que todas las masas giratorias y alternativas se concentran en un solo disco correspondiente a la muñequilla del cigüeñal.

Cuando sean varias las estrellas, cada una de ellas se agrupará en la muñequilla correspondiente.

En los motores en línea con bloques en V, etc., se agruparán igualmente en cada muñequilla todas las masas alternativas y rotativas de los cilindros situados en un mismo plano transversal.

Vamos a examinar a continuación dos casos sencillos:

1.º *Motor radial de una o varias filas con hélice directamente acoplada.*—El sistema real, fig. 56 (a), se reduce al sistema equivalente indicado en la fig. 56 (b), en la que se hace notar, como ocurre generalmente, que el momento de inercia de la hélice es muy superior al de la muñequilla del cigüeñal y las masas alternativas y rotativas de la biela, bulón, émbolo, etc. La frecuencia natural, así como las amplitudes de oscilación de este sistema se determinan inmediatamente tal como lo hemos indicado al tratar de sistemas con dos grados de libertad, por lo que la frecuencia tendrá por valor

$$f = 9'55 \sqrt{\frac{K(I_m + I_n)}{I_m I_n}} \text{ ciclos/minuto}$$

Como decíamos anteriormente, el momento de inercia de la hélice I_n generalmente es muy superior a I_m, por lo que las variaciones en aquel no produce variaciones sensibles en la frecuencia f del sistema. En cambio, una variación en K, es decir, en la rigidez del eje de conexión o de I_n puede producir un efecto apreciable en f.

La curva de amplitudes adquiere aproximadamente la forma indicada en la fig. 56 (b) con un nodo muy próximo a la hélice a causa de su gran momento de inercia. Esto induce a que sin gran error puede considerarse como si el sistema estuviera constituído por una inercia (la del motor) con un eje fijo en la hélice.

Cuando el motor tenga varias estrellas el problema queda reducido al de un sistema con tantos grados de libertad como muñequillas más uno, cuya resolución ya hemos expuesto.

2.º *Motores en línea de uno o varios bloques con hélice directamente acoplada.*—En este caso, el sistema queda reducido a una serie de inercias concentradas en las muñequillas y en la hélice. En general, aquéllas son muy pequeñas respecto a ésta, como se muestra esquemáticamente en la fig. 57 (b).

Sin embargo, la rigidez como norma general es muy superior la del motor a la del eje de conexión.

La determinación de la frecuencia de un tal sistema se realiza como ya hemos indicado repetidas veces, por lo que no volveremos más a insistir. Sin embargo, conviene advertir que una solución aproximada del problema para el primer modo del movimiento puede obtenerse rápidamente mediante la substitución del

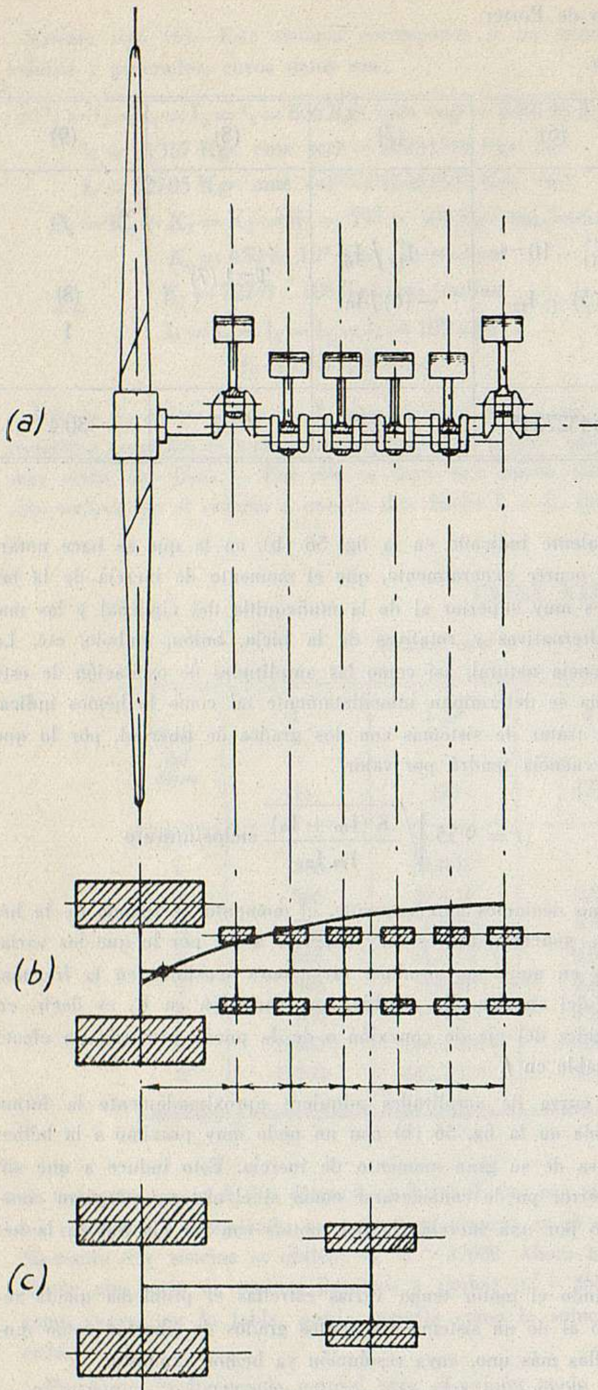


Fig. 57

sistema original por el equivalente de la fig. 58 (c) y determinando la frecuencia mediante la expresión

$$f = \frac{9'55}{C}\sqrt{\frac{K\,(I_n + I_m)}{I_n\,I_p}}$$

siendo $\frac{1\frac{1}{4}}{K} = \frac{1}{K_n} + \frac{N-1}{2\,K_m}$ N = número de cilindros, y C un coeficiente de corrección, cuyo valor puede determinarse mediante la siguiente tabla:

TABLA XXIV

Núm. de cilindros	1	2	3	4	5	6	Infinito
Factor de corrección	1,00	0,93	0,92	0,91	0,91	0,91	0,91

De este modo, si designamos por $A = \frac{K_n}{K_m}$ y $B = \frac{I_n}{I_m}$ obtendremos las siguientes fórmulas aproximadas:

Cuatro cilindros

$$f = 10'5\sqrt{\frac{A\,(B+4)}{2\,B\,(2+3\,A)}\,\frac{K_m}{I_m}}\ \text{ciclos/minuto}$$

Seis cilindros

$$f = 10'5\sqrt{\frac{A\,(B+6)}{3\,B\,(2+5\,A)}\,\frac{K_m}{I_m}}\ \text{ciclos/minuto}$$

En estos sistemas ocurre, como en los anteriores de motores en estrella, que por ser en general I_n muy grande respecto a I_m, las variaciones del momento de inercia de la hélice ejercen poca influencia en la frecuencia de sistema. En cambio, la rigidez del eje de conexión e I_m la ejercen muy apreciable.

En instalaciones de este tipo es el primer modo de vibración el realmente interesante, ya que en los otros únicamente los armónicos de orden elevado son los presentes dentro del margen operatorio, y ellos son de muy débil intensidad. El segundo modo únicamente debe ser considerado cuando se trate de motores muy grandes, muy revolucionados, o que la rigidez del eje de conexión sea muy pequeña.

Cuando se trate de motores de varios bloques el problema es exactamente el mismo, sin más que tener en cuenta cuáles deben ser las inercias afectas a cada muñequilla.

Es conveniente advertir aquí que, en general, como ya hemos indicado, con las hélices modernas de perfiles delgados de aleaciones ligeras, las cuales, por su gran flexibilidad, experimentan grandes deformaciones, la suposición anterior de concentrar la inercia en el centro del núcleo conducen a errores bastantes apreciables. El estudio matemático de este problema es muy complicado, no conduciendo además a resultados realmente prácticos. Por ello, para determinar la curva de inercia efectiva en estos casos, se recurre a sencillas instalaciones que permiten determinar fácilmente aquellas.

Sistemas engranados.

En instalaciones marinas y aéreas son muy corrientes los sistemas considerados. Después de lo expuesto al tratar de sistemas equivalentes en (15) no debe existir dificultad para aplicar los métodos de cálculo de Holzer, etc., a sistemas de este género. Ahora bien, con objeto de facilitar la tarea a los lectores vamos a hacer a continuación unas aplicaciones numéricas.

Consideremos el sistema de la fig. 48 (a), constituído por cuatro ejes engranados, correspondientes el 1.º al propulsor, y los 2, 3 y 4 a las turbinas 2, 3 y 4. Los ejes 1 y 3 giran a la misma velocidad, estando engranados a los 3 y 4 mediante engranaje de relación de velocidades — 3/1 y — 2/1.

Las inercias supuestas para el propulsor, turbinas y piñones del engranaje, son las siguientes:

$$I_P = 10 \text{ Kgs. cm. seg}^2 \quad I_{T_1} = I_{T_3} = 15 \text{ Kgs. cm. seg}^2 \quad I_{T_2} = 5 \text{ Kgs. cm. seg}^2 \quad I_{e_1} = 10 \text{ Kgs. cm. seg}^2 \quad I_{e_2} = 30 \text{ Kgs. cm. seg} \quad I_{e_3} = 5 \text{ Kgs cm. seg}^2$$

Las rigideces de los distintos ejes son:

$$K_P = 40.000 \text{ Kgs. cm/radian} \qquad K_{T_1} = 200.000 \text{ Kgs. cm/radian}$$
$$K_{T_2} = 50.000 \text{ Kgs. cm/radian} \qquad K_{T_3} = 300.000 \text{ Kgs. cm/radian}$$

De acuerdo con lo dicho en (15) el sistema a que lo podemos reducir es el indicado en la fig. 48 (b) que se obtiene como sigue:

$$I_1 = I_P = 10 \text{ Kgs. cm. seg}^2 \text{ . } I_2 = I_{T_1} (2)^2 = 4 \times 15 = 60 \text{ Kgs. cm. seg}^2.$$

$$I_3 = I_{T_2} = 5 \text{ Kgs. cm. seg}^2 \text{ . } I_4 = I_{T_3} (3)^2 = 9 \times 15 = 135 \text{ Kgs. cm. seg}^2$$

$$I_{m+1} = I_{e_2} + 2^2 I_{e_1} + 3^2 I_{e_3} = 30 + 4.10 + 9,5 = 115 \text{ Kgs. cm. seg}^2$$

$$K_1 = K_P = 40 \cdot 000 \text{ Kgs. cm/radian} \quad K_4 = K_{T_3} \; 3^3 = 270.000 \text{ Kgs. cm/radian}$$

De estos datos deducimos inmediatamente.

$$\omega_1^2 = K_1/I_1 = 4000 \quad \omega_2^2 = K_2/I_2 = 13333 \quad \omega_3^2 = K_3/I_3 = 10000 \quad \omega_4^2 = K_4/I_4 = 20000$$

Por lo tanto, de acuerdo con lo indicado en (18) podríamos obtener la frecuencia de la expresión:

$$115 = \frac{40000}{\omega^2 - 4000} + \frac{800000}{\omega^2 - 13333} + \frac{50000}{\omega^2 - 10000} + \frac{270000}{\omega^2 - 20000}$$

pero resulta, en general, más sencillo emplear como ya hemos hecho anteriormente, cualquiera de los métodos de Holzer o Porter.

El método de Holzer se aplica del modo siguiente:

Se admite, como siempre, una frecuencia para el sistema, que nosotros supondremos, por ejemplo, $f = 2.127$ ciclos por minuto, de donde $\omega^2 = 49.700$.

Se considera una parte del sistema como sistema básico, en nuestro caso el eje 1 y las inercias I_1 e I_{n+1}, pudiendo establecerse la siguiente tabulación:

Es decir, que si suponemos en el disco 1 una amplitud de un radian, en el disco 2 tendremos una amplitud de — 11,42 y un momento de torsión total $M_T = -16515000$ Kgs. cm.

Se estudian ahora las tres ramas restantes del sistema, estableciéndose para ellas las siguientes tabulaciones:

Evidentemente, la amplitud en la unión de los sistemas considerados debe ser la misma, siguiendo el sistema básico o el otro. Por esta razón suponemos en la inercia I_{T_2} una amplitud α. Por tanto, tendremos $-11,42 = -3,97\ \alpha$, y $\alpha = 2,88$.

El momento torsor en la unión de los dos sistemas debido a la vibración de I_{T_2} es $M_T = 248500\ \alpha = 715000$ Kgs. cm.

De estos resultados se desprende que la amplitud en $e-1$ es 2,73 que a causa del engranaje, cuya relación es — 2 : 1 debe ser igual a $-2 \times (-11,42) = 22,84$, luego

$$-2,73\ \beta = 22,84 \quad \text{y} \quad \beta = -8,36$$

siendo el momento producido en la unión por la vibración de dichas masas, teniendo en cuenta que la relación de engranajes es — 2/1

$$M_T = -609500\ \beta \text{ . } (-2) = -10300.000 \text{ Kgs. cm.}$$

Como anteriormente, en este caso

$$-1,48\ \delta = 3 \text{ . } 11,42 = 34,26 \quad \text{y} \quad \delta = -23.10$$

El momento en la unión, a causa de la vibración de estas masas, teniendo en cuenta que la relación de engranaje es (— 3)/1 será

$$M_t = 378500\ \delta \text{ . } (-3) = 26100000 \text{ Kgs. cm.}$$

La resolución analítica de este sistema puede obtenerse mediante la siguiente expresión, obtenida del estudio teórico indicado en (3-9)

$$(I_1 + I_2 + I_3) - \omega^2 \frac{I_1 (I_2 + I_3)}{K_1} + \frac{I_3 (I_1 + I_2)}{K_2} + \frac{\omega^4 I_1 I_2 I_3}{K_1 K_2} = 0$$

que nos da

$$0,00039\ \omega^4 - 1911,5\ \omega^2 + 318750000 = 0$$

esta ecuación nos da $\omega = 416$ ó 2175 radianes/segundo, luego

$$f = 3970 \text{ ó } 20750 \text{ ciclos/minuto.}$$

Aunque no debíamos ya dedicar más tiempo a este problema, por ser igual naturalmente que los expuestos con anterioridad,

TABLA XXV

$\omega^2 = 49700$ Inercias I_P e I_{e_2} en el eje K_P $\quad a_1 = 1$ radian

Designación disco	I	$I\omega^2$	a	$I\omega^2 a$	$\Sigma I\omega^2 a$	K	$\Sigma I\omega^2 a/K$
1	10	497000	1	497000	497000	40000	12,42
l 2	30	149100	—1142	—17012000	—16515000	—	—

TABLA XXVI

$\omega_2 = 49700$ I_{T_2} en el eje K_{T_2} $a_{T_2} = \alpha$ radianes

Designación del disco	I	$I\omega^2$	a	$I\omega^2 a$	$I\omega^2 a$	K	$\Sigma I\omega^2 a/K$
T — 2	5	248500	α	248500 α	248500 α	5000	4,97 α
—	—	—	— 3,97 α	—	—	—	—

TABLA XXVII

$\omega^2 = 497000$ I_{e_1} é I_{T_1} en el eje K_{T_1} $a_{T_1} = \beta$ radianes

Designación del disco	I	$I\omega^2$	a	$I\omega^2 a$	$\Sigma I\omega^2 a$	K	$\Sigma I\omega^2 a/K$
T — 1	15	745500	β	745500 β	745500	200000	3,73 β
e — 1	10	497000	— 2,73 β	— 135500 β	— 609500 β	—	—

TABLA XXVIII

$\omega^2 = 49700$ I_{e_3} é I_{T_3} en el eje K_{T_3} $a_{T_3} = \delta$ radianes

Designación del disco	I	$I\omega^2$	a	$I\omega^2 a$	$\Sigma I\omega^2 a$	K	$\Sigma I\omega^2 a/K$
T — 3	15	45500	δ	45500 δ	45500 δ	300000	2,43 δ
e — 3	5	248500	— 1,48	— 367000 δ	378500 δ	—	—

TABLA XXIX

Primer modo $\omega^2 = 17300$ I_m é I_r $a_1 =$ radian

Consignación del disco	I	$I\omega^2$	a	$I\omega^2 a$	$\Sigma I\omega^2 a$	K	$\frac{\Sigma I\omega^2 a}{K}$
m	6 5	1.125000	1	1125000	1.125000	2500000	0,4500
r	0.8	138400	0,5500	76000	120100	—	—

Relación de velocidades = 0,5

I_B	0,8	138400	0,2750	3800	2440000	8000000	0,3050
I_h	480	83000000	— 0,0300	— 249600	~ 0	—	—

vamos a aplicar también el método de Holzer, con lo que los lectores se familiarizarán más con el problema.

En general, como puede apreciarse en el ejercicio anterior, el momento de inercia del reductor es muy pequeño, comparado con el del cigüeñal, y a este le ocurre lo mismo, respecto al de la hélice. Por ello, en una primera aproximación, para el primer modo del movimiento, puede suponerse el nodo en la hélice, y el sistema constituído por un simple péndulo de torsión con la inercia I_1 en el extremo de un eje de rigidez $K = \dfrac{K_1 K_2}{K_1 + K_2}$ cuya frecuencia es .

$$f = 9{,}55 \sqrt{\frac{K_1 K_2}{I_1 (K_1 + K_2)}}$$

De lo expuesto se desprende la poca influencia que ejerce sobre la frecuencia f_1, la inercia de la hélice. Por lo tanto, cuando se quiera variar f, habrá que hacerlo con I_1 o K.

Para el segundo modo, los nodos se producen muy cerca de la hélice y de la muñequilla, por lo que aproximadamente el sistema puede considerarse constituído por la inercia I_2 en los extremos de dos ejes de rigidez K_1 y K_2, para el cual puede tomarse como frecuencia

$$f_2 = 9{,}55 \sqrt{(K_1 + K_2)/I_2}$$

Esta expresión nos muestra que para variar f_2 hay que actuar sobre I_2, K_1 o K_2, ya que I_1 e I_3 no ejercen prácticamente influencia.

b) *Motores en línea.*

El problema se resuelve como los expuestos anteriormente, ya que el sistema real, cuando no existe reductor, está constituído por tantos discos como cilindros más el disco de la hélice, y por estos mismos más un engranaje con una reducción, determinando si existe aquél.

Por las mismas razones anteriores, se obtiene un valor aproximado para la frecuencia correspondiente al primer modo, substituyendo el sistema por uno con dos inercias, una la de la hélice I_h, y la otra siendo igual a $n\,I_1 + I_2$, siendo n el número de cilindros e I_2 = momento de inercia del reductor, unidas por un eje de rigidez $\dfrac{1}{K} = \dfrac{2}{K_1} + \dfrac{1}{K_2} + \dfrac{1}{K_3}$, donde K_1 = rigidez del cigüeñal, K_2 = rigidez del eje de unión del cigüeñal con el reductor y K_3 = rigidez del eje porta-hélice.

Por tanto,

$$f_1 = \frac{9{,}55}{C} \sqrt{\frac{K\,(I'_h + I_3)}{I'_h\, I_3}}$$

$I_3 = I_1 n + I_2$, $I' = I_h\, p^2$ y C = factor de corrección, cuyo valor ya dimos en la tabla XXIV.

Las alteraciones en el momento de inercia de la hélice, no afectan grandemente a f_1. Para variar f_2 es conveniente principalmente actuar sobre K_1, variando la rigidez torsional cerca del nodo. Así, adoptando pesos equilibradores en los brazos de las muñequillas se baja el valor de f_1 de un 5 a un 10 %.

En motores en línea de uno o varios bloques f_1 es próxima 4500 ciclos/min. y 1400 ciclos/min., respectivamente.

En instalaciones de este tipo, como norma general puede decirse que el modo peligroso es el primero.

Para una evaluación aproximada de f_2 puede substituirse el sistema real por el de tres inercias $I'_h = I_h\, p^2\, I_e = I_a + p^2\, I_b$ I_a = momento de inercia del piñón A. I_b = momento de inercia del piñón B., e $I'_m = 6 . I_m$ = momento de inercia de cada muñequilla, y las inercias afectas a ella, ligadas las tres masas por dos ejes de rigideces K_3 (del árbol porta-hélice) y K'_m, siendo $\dfrac{1}{K'_m} = \dfrac{1}{K_2} + \dfrac{2{,}5}{K_1}$, cuya frecuencia se determina como ya hemos indicado en repetidas ocasiones.

Madrid, a 15 de mayo de 1950.

N.º 38. - Noticias sobre nuevo sistema de unidades eléctricas

Autor: D. FRANCISCO F. CERVERA

Ingeniero Industrial

En la revista *L'Electricien,* de París, núm. 1.835, correspondiente al mes de octubre de 1948, aparece este nuevo sistema, que trata de introducir don Félix Apraiz, doctor en Ciencias Físico-Matemáticas de la Universidad de Madrid, e Ingeniero electricista de la Universidad de Lieja, y cuyo sistema ha sido avalado y comentado por especialistas tan destacados en unidades como los físicos alemanes Sommerfeld y Mic. (Véase *Metalurgia y Electricidad,* núm. 138, «Desaparición de las Unidades Eléctricas.)

Si las citadas circunstancias no fuesen suficientes para fijar nuestra atención sobre aquél, bastará decir que el sistema acaba con las torturas infligidas a los técnicos, por lo que Sommerfeld llamó «el monstruo policéfalo de las unidades eléctricas» que vienen horrorizando a generaciones de estudiantes.

Me propongo, pues, destacar estas ventajas, con lo que creo ayudar a una obra no solamente patriótica, sino de comprensión internacional por medio de la técnica; comprensión de la que nos hallamos bien necesitados en los presentes momentos. Excluyo, dado el carácter de este Congreso de Ingeniería, las repercusiones que el sistema ha de tener sobre la Ciencia pura.

Las ventajas que el nuevo sistema me sugiere son las siguientes:

1.º Quedan eliminados de las fórmulas de cálculo todos los coeficientes numéricos.

2.º Las unidades necesarias quedan reducidas a la mitad de las actuales por la identificación de las unidades eléctricas con las magnéticas.

3.º Quedan reducidas a la mitad, y por igual razón, las fórmulas empleadas.

El sistema actual llamado de unidades *prácticas* comprende las siguientes:

UNIDADES PRÁCTICAS

Inductancia	Henrio
Carga eléctrica	Culombio
Energía	Julio
F. E. M. o Tensión eléctrica	Voltio
Capacidad	Faradio
Resistencia	Ohmio
Flujo magnético	Pramaxwell (Volt/seg.)
Intensidad de corriente, Fuerza magnetomotriz o Tensión magnética ...	Amperio

Las unidades de que voy a ocuparme debidas al citado Ingeniero español señor Apraiz las designa con el nombre de «racionales» U. R. y son:

UNIDADES RACIONALES (U. R.)

Intensidad de corriente (eléctrica o magnética	10 Amp. = $3 . 10^2$ Volt.
Trabajo	$3 . 10^3$ Julios.
Carga o Flujo	10 Culb. = $3 . 10^2$ pramx.
Tensión	$3 . 10^2$ Volt. = 10 Amp.
Capacidad o inductancia	1/3 10^{-1} Fard. = 3 . 10 Henry.

Como ejemplo de sencillez del sistema, expongo a continuación algunos ejemplos.

1. Cálculo de la energía W de un condensador o bobina sometido a una tensión o corriente de $V = 10^2$ U. R. si su capacidad o inductancia es de $C = 10^{-7}$ U. R.

Se tiene:

$$(W = \frac{1}{2} CV^2 = 0,5 . 10^{-3} \text{ U. R.} = 0,5 \text{ julios.}$$

2. En un circuito oscilante de capacidad $C = 10^{-6}$ U. R. e inductividad $4 . 10^{-2}$. ¿Cuánto vale la frecuencia máxima?

La solución es:

$$f = \frac{1}{2 \pi \sqrt{L . C}} = 796 \text{ períodos por U. R. de tiempo (1 seg.)}$$

El sistema de que me ocupo ha sido llevado por el señor Apraiz mucho más lejos, pero me propongo no exponer sino aquello que me parece suficientemente conveniente, y por no haber tenido tiempo para meditar la cuestión en toda su extensión, me limito a dar noticia de lo que ya inicia el artículo de *L'Electricien* de donde tomé estos datos.

Parece ser que la reducción de la electricidad a la mecánica que los físicos del siglo XIX consideraron como utópica, queda realizada llevando a sus últimas consecuencias el sistema expues-

to. Pero aún hay más, y es que todas las magnitudes y sus unidades se reducen a las que siguen:

Magnitudes (F. o M.)	Dimensiones	Unidades ($c = 3 . 10^{10}$)
Cantidad de electricidad o de magnetismo.	Cantidad de movio.	1 dina/seg.
F. E. M. y F. M. M.	Fuerza.	1 dina.
Tensión.	Velocidad.	c cm/seg.
Capacidad o inductancia.	Masa.	$\frac{1}{c}$ gramos.
Resistencia o reluctancia.	Número.	1.

Con este sistema las unidades mecánicas son:

c centímetros; 1 seg.: $\frac{1}{c}$ gramos; 1 dina.; c ergios, etc.

Mientras que con el práctico actualmente usado son:

10^9 centímetros; 1 seg; 10^{-11} grs.; 10^{-2} din; 10^{-7}erg.

Las unidades eléctricas y magnéticas del cuadro anterior son exactamente las que antes se han llamado racionales, en prueba de lo cual resolveremos otro ejemplo que con las unidades prácticas requiere dos constantes numéricas.

Ejemplo.—Una corriente rectilínea de potencial magnética $V = c$ cm/seg. está en un campo magnético, cuya inducción es $B = 10^{-6}$ din. seg/cm^2. ¿Cuál es la fuerza por cm. que obra sobre el conductor si éste es normal a B?

Solución.—$F = B . V = 4 . 10^{4}$ dinas.

Confróntese poniendo los datos en unidades usuales, con las que se tiene:

$$B = 10^{-4} \text{ pramax/cm}^2 = 10^4 \text{ gauss.}$$

En resumen, por ser las magnitudes eléctricas puramente mecánicas, cualquier sistema de unidades mecánicas puede ser utilizado en electricidad.

Parece ser que el escogido por el señor Apraiz resolvería el problema del cambio sin los inconvenientes de la fuerza de la costumbre por ser el que más se acerca al actual, como puede apreciarse en el anterior cuadro.

Sin esta consideración sería más natural un sistema fundado en propiedades universales de la materia y del éter, como, por ejemplo, el radio del electrón como unidad de longitud.

En relación con este último se deduce del sistema que dicho radio es c^{-1} cms., ya que la velocidad de la luz no es $3 . 10^{10}$ cm/seg., sino la que resulta de substituir 3 por π (pi).

De todo lo dicho se deduce, pues, que más que de un nuevo sistema se trata de la desaparición de los existentes, que pueden ser reemplazados con gran ventaja por los clásicos de la mecánica. Y dado que en ésta entran sólo velocidades (de uno u otro orden), las magnitudes eléctricas se reducen a dos:

El potencial V, que es la velocidad, y

la capacidad, masa e inductancia, que es un factor numérico de acoplamiento.

El sistema actualmente empleado confunde en una, que es el voltio, la unidad de F. E. M. y la de tensión eléctrica, magnitudes fundamentalmente distintas. Lo mismo cabe decir de la F. M. M. y la tensión magnética, cuya unidad común actualmente es el amperio.

La unidad de velocidad en el sistema del señor Apraiz es la de la luz en el vacío, que, a primera vista, parece excesiva y realmente lo es en mecánica, pero no para la electricidad, a la cual está adaptado el sistema.

Como pudiera confundirse o relacionarse el presente trabajo con el propuesto por Giorgi y adoptado por la Comisión Electrotécnica Internacional en 1938, y que a pesar de ello no ha logrado entrar en la práctica, debo aclarar que tal sistema, que deseaba obtener unidades convenientes en mecánica y en electricidad, no lo ha podido conseguir por la sencilla razón de que ambas técnicas tienen necesidades muy distintas. Además, no es, como suele creerse, un nuevo sistema de unidades eléctricas, ya que éstas siguen siendo las unidades prácticas actuales y que tampoco modifica las mecánicas (salvo la de trabajo por ser ésta también eléctrica), prueba concluyente de que la cuestión no interesa a los electricistas.

Lo propuesto, pues, por Giorgi ha sido:

1.º Escoger unidades mecánicas que no se alejen demasiado de las que la técnica utiliza.

2.º Como quiera que todo sistema completo puede derivarse de cuatro unidades fundamentales de las que tres sean mecánicas y una eléctrica, tomó para ésta la de carga en vez de la de permeabilidad que se venía usando, y que puede considerarse más engorrosa que la primera.

Las Palmas de Gran Canaria, 10 marzo 1950.

GRUPO IX
SECCIÓN ÚNICA

N.º 182. - Nuevas bases para una nueva mecánica del átomo

Autor: D. J. ORTEGA COSTA
Ingeniero Industrial

INTRODUCCIÓN

El avance considerable que se ha logrado en el campo de la investigación física, durante esta primera mitad del siglo XX, se debe en gran parte a la eficacia de los métodos matemáticos que se han puesto en juego para expresar la complicada estructura de la materia. Hasta tal punto ha sido así, que en muchos casos las relaciones matemáticas han anticipado los descubrimientos, que más tarde la labor experimental se ha encargado de corroborar.

Este lenguaje sutilísimo y abstracto que encierra, en fórmulas y algoritmos funcionales, las principales leyes del mundo físico, se ha mostrado el más apto y capaz para desentrañar y poner al descubierto las dependencias mutuas entre las magnitudes definidoras de estados y situaciones materiales. En esencia, el método matemático consistente en establecer una correspondencia, lo más amplia y precisa, entre los estados físicos y un campo ideal de cantidades funcionales. Estudiar luego, por medio de los procedimientos, cada día más fecundos y diversos del Análisis funcional, las leyes y las propiedades generales que se deduzcan por el razonamiento abstracto, para devolver luego, en correspondencia inversa, las conclusiones obtenidas a las situaciones materiales.

Es evidente que si la correspondencia que nos ha servido de punto de partida, entre la entidad física y el algoritmo matemático, fuese absolutamente recíproca, las deducciones rigurosas del razonamiento serían asimismo rigurosamente satisfechas por los estados materiales. De ahí la importancia decisiva de saber encontrar ese instrumento fundamental de traducción del problema físico, a la relación abstracta. Establecida la dualidad, los métodos matemáticos están suficientemente desarrollados y son, de por sí, capaces de llevar las conclusiones mucho más lejos que lo puedan hacer los experimentadores más sagaces.

Sin duda, el progreso más substancial logrado por la Física moderna se debe a la genial intuición de Einstein de hacer depender el universo de un hiperespacio métrico. Toda la Mecánica, con su famoso principio de la conservación de la energía, queda transportada a una Geometría pluridimensional. Los campos gravitatorios, definidos por un potencial, corresponden a pliegues o curvaturas de ese hiperespacio.

La Mecánica cuántica trata de hacer corresponder las situaciones corpusculares y los estados físicos del microcosmos a una región métrica de variabilidad discontinua, donde sólo tengan efectividad los múltiplos enteros de unas constantes fundamentales. Con ello casi ha logrado una interpretación completa de los espectros atómicos, relacionados con los estados estacionarios del electrón.

Pero el hecho de que los fenómenos físicos se quieran ordenar por relaciones y vínculos matemáticos, no significa que las entidades y las funciones que podamos establecer al estudiar sus propiedades, correspondan a estados físicos de existencia material. Se trata sólo de un simbolismo eficacísimo, de lenguaje de la máxima precisión y del mayor alcance, y aun cuando sus elementos carezcan de relieve corpóreo, las conclusiones que nos permitan alcanzar pueden corresponder adecuadamente a realidades físicas, si la dependencia que nos ha servido para definirlo se apoya en base firme y precisa. No hay que perder de vista que la palabra no es, en general, la cosa que representa y, sin embargo, sin la representación de la palabra apenas habríamos conseguido dominio de cosa alguna. Así, cuanto más ajustado y agudo sea el instrumento de nuestro análisis, más acertado y vigoroso puede resultar el alcance de nuestras deducciones.

Este trabajo, concebido bajo las directrices anteriores, está dirigido a intentar un reajuste parcial del esquema discontinuo de la Mecánica cuántica, a los estados físicos del átomo y a la dualidad de comportamiento corpúsculo-fotón de la materia animada de la velocidad límite del universo. Más que contribución al perfeccionamiento de algún método matemático, es tentativa de precisar la naturaleza de esta correspondencia ideal, que tantos éxitos lleva conseguidos en el estudio de los movimientos orbitales del electrón.

Nos ha parecido conveniente incluir una previa y rápida ojeada a los principales intentos llevados a cabo para la formación ideal del átomo, para que a la vista de los mismos, resulte más comprensiva la generalización del concepto de energía total «enermás», con sus dos componentes: energía de condensación (inercia) y energía difusa (radiación). Esta generalización nos ha llevado a introducir una función de masas complementaria de la función probabilística de ondas, patrocinada por Broglie, y el conjunto de ambas definen en cada instante el «enermás» de un corpúsculo o de un sistema, lográndose así mejor interpretación de la naturaleza corpuscular-ondulatoria de la luz.

En las perturbaciones nucleares, la aparición de masas neutras de brevísima existencia (neutrinos y mesotrones) tiene cabi-

da en el concepto generalizado de «enermás» y su formación es consecuencia de la función probabilística de masas.

LA INTERPRETACIÓN BHOR

Circunscribiéndose al modelo elemental atómico de Rutheford, consiguió Bhor determinar las leyes generales del espectro del átomo de hidrógeno, aplicando los métodos de cuantificación de Planck. El modelo elemental asimila el átomo a un pequeño sistema solar, constituído por N electrones de carga —*e*, que describen órbitas alrededor de un núcleo de carga *N. e*, bajo la influencia de las leyes de Coulomb.

El valor de N, que caracteriza cada género atómico del elemento químico, es el número de orden del sistema periódico de los elementos. Nos referimos a la concepción espacial del sistema periódico de Djounkovsky y Kavos (1), que ha venido a perfeccionar el esquema más simplista de Mendeleff.

Nos limitaremos a considerar los movimientos del electrón planetario del átomo de hidrógeno. Sea m su masa y esquematicemos su órbita por un círculo de radio r, descrito con velocidad angular w. Su energía cinética será:

$$T = \frac{1}{2} m w^2 r^2 \qquad w = \frac{d\theta}{dt}$$

y el «cuantum» de acción vendrá expresado por

$$\int p\, dq \qquad p = \frac{\partial T}{\partial w} = m w r^2$$

en la que p, es el momento de la cantidad de movimiento con relación al núcleo, es decir,

$$\int p\, dq = \int_0^{2\pi} m w r^2 d\theta = n h$$

y así se tendrá:

$$m w r^2 = n \frac{h}{2\pi}$$

siendo h la constante universal o constante de Planck $h = 6{,}55 \times 10^{-27}$ cgs.

La cuantificación establece que el momento de la cantidad de movimiento ha de ser múltiplo de $\frac{h}{2\pi}$.

El equilibrio del electrón en su trayectoria, es resultante de la acción combinada de la fuerza de atracción electrostática y de la fuerza centrífuga. En consecuencia:

$$\frac{e^2}{r^2} = m w^2 r \qquad m e^2 r = m^2 w^2 r^4 = \frac{n^2 h^2}{4\pi^2}$$

Los radios de las trayectorias cuantificadas vendrán expresados por la fórmula:

$$r_n = n^2 \frac{h^2}{4\pi^2 m e}$$

y su correspondiente energía,

$$E_n = \frac{1}{2} m w_n^2 r_n^2 - \frac{e^2}{r_n} = -\frac{2\pi^2 m e^4}{n^2 h^2} = -\frac{R h}{n^2}$$

$$R = \frac{2\pi^2 m e^4}{h^3}$$

Como el electrón satélite pasa bruscamente de un estado de energía E_i a otro estado energético E_j, $E_i > E_j$, el principio fundamental de la conservación de la energía exige que esta transición brusca vaya acompañada de una radiación de energía equivalente a $E_i - E_j$.

Pero según la hipótesis de Planck, la radiación está, asimismo, cuantificada y se manifiesta por oscilaciones elementales ligadas a la multiplicidad de h. Por lo tanto, parece lógico admitir que la energía radiada por el electrón se desarrolla bajo esta misma ley, y así se podrá escribir:

$$h \nu_{m,n} = E_m - E_n \qquad \nu_{m,n} = \frac{E_m - E_n}{h}$$

Si substituímos en ella los valores ya determinados de la energía se obtendrá:

$$\nu_{m,n} = \frac{R h}{n^2} - \frac{R h}{m^2} = R\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right)$$

Lo sorprendente de las hipótesis anteriores es la plena concordancia con la experimentación. Así, en esta última fórmula, basta suponer un estado inicial E_n, $n = 2$, para obtener la serie espectral de Balmer, si la constante R,

$$R = \frac{2\pi^2 m e^4}{h^3} \qquad R = 3{,}3 \times 10^{-15}\ \text{cm}^{-1}$$

coincide con el valor determinado experimentalmente de la constante de Rydberg. Coincidencia que constituyó éxito formidable del esquema atómico de Bhor (1).

El aspecto más interesante de este desarrollo matemático del espectro es la correlación que existe entre los diferentes términos espectrales y la energía del átomo en sus diferentes estados de cuantificación. Si un electrón satélite posee una energía cuántica $-E_n$, es preciso comunicarle, por bombardeo electrónico, una energía E_n, para desplazarle de su sistema atómico y provocar, en consecuencia, una modificación del equilibrio nuclear. Experimentalmente, también se ha confirmado la concordancia entre los estados cuánticos (energía $= \nu_n h$) y la energía exterior necesaria para provocar la ionización.

EL ESPECTRO FINO DEL HIDRÓGENO

En el espectro visible del hidrógeno se destacan, primeramente, las rayas correspondientes a la serie de Balmer, que consta de cuatro líneas principales (en realidad, estas rayas son dobles), a las que se ha denominado $H\alpha$, $H\beta$, $H\gamma$, $H\delta$, cuyas longitudes de onda son, respectivamente:

$H\alpha - 6{,}563$ Å $\quad H\beta - 4{,}851$ Å $\quad H\gamma - 4{,}340$ Å $\quad H\delta - 4{,}102$ Å

(1) G. E. Djounkovsky-S. Kavos.—«Systeme periodique dans l'espace». *Journal de Physique et le radium*. París. Marzo, 1944.

(1) N. Bhor. «Les espectres et la structure de l'atome». París, 1920.

La frecuencia de estas rayas viene determinada, aproximadamente, por la fórmula

$$\nu_3 = R\left[\frac{1}{4} - \frac{1}{m^2}\right] \qquad m = 3, 4, 5, 6$$

correspondiente al principio de combinación de Ritz.

Otras series del espectro no visible siguen leyes análogas, así la serie ultravioleta de Lyman, determinada por la relación:

$$\nu_L = R\left[1 - \frac{1}{m^2}\right] \qquad m = 2, 3, \ldots\ldots$$

y la serie infrarroja de Paschen, comprendida en la expresión:

$$\nu_P = R\left[\frac{1}{9} - \frac{1}{m^2}\right] \qquad m = 4, 5, \ldots\ldots$$

Pero análisis más detallado del espectro ha permitido comprobar que cada una de las rayas consideradas primitivamente como simples, se compone de un doblete. La diferencia de frecuencia entre las dos componentes es la misma para cada doblete de una serie.

Para interpretar esta anomalía correspondiente al espectro fino de la serie de Balmer, que no queda expresado en los resultados de la teoría de Bhor, se pensó en substituir las leyes de la antigua dinámica utilizadas en la cuantificación de los movimientos del electrón satélite, por las leyes de la cinemática relativista, puesto que las velocidades que intervienen en el problema quedan dentro del orden de magnitud de la velocidad de la luz.

Así, Sommerfeld (1), hizo intervenir la expresión de la energía cinética,

$$T = m_0 c^2 \left[\frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} - 1\right]$$

siendo m_0 la masa del electrón en reposo, c la velocidad de la luz y β la velocidad relativa

$$\beta = \frac{v}{c} = \frac{1}{c}\sqrt{r^2 + r^2 \theta^2}$$

Introduciendo estas correcciones, Sommerfeld perfeccionó el esquema teórico de Bhor y logró interpretar la dualidad de las rayas de la serie de Balmer (espectro fino), deduciendo la siguiente expresión para los estados estacionarios definidores del espectro:

$$E_{n,k} = -\frac{R h}{n^2}\left[1 + \frac{\alpha^2}{n^2}\left(\frac{n}{k} - \frac{3}{4}\right)\right] \alpha$$

$$\alpha^2 = 5{,}2 + 10^{-5}\, c\, g\, s$$

fórmula dependiente de dos números cuánticos designados: número cuántico total $n = |n_1| + n_2$ y número cuántico azimiutal $k = |n_1|$. La constante de Rydberg permanece invariable.

(1) A. Sommerfeld. «Atombau und Spektrallinien». Brunswick, 1939.

Los términos de la serie de Balmer quedan ahora descompuestos en dos entidades dependientes de los dos números cuánticos.

$$\nu = R\left[\frac{1}{2^2}\left(1 + \frac{\alpha^2}{2^2}\right)\left(\frac{2}{k} - \frac{3}{4}\right)\right] - \frac{R}{n^2}\left[1 + \frac{\alpha^2}{n^2}\left(\frac{n}{k} - \frac{3}{4}\right)\right]$$

$$n = 3, 4, \ldots\ldots \qquad k_1 = 1 \quad k_2 = 2$$

La teoría de la estructura fina de Sommerfeld ha dado buenos resultados para la acomodación de los espectros atómicos del hidrógeno y del helio ionizado, pero se ha mostrado insuficiente en otros casos. De las tres series L de los rayos X, la fórmula de Sommerfeld apenas si puede compendiar una de ellas. También presenta incapacidad para explicar las anomalías giromagnéticas y el efecto Zeeman.

EL ELECTRÓN ROTATORIO

Las anomalías registradas en el estudio del efecto giromagnético, así como las perturbaciones observadas en la previsión del efecto Zeeman, hicieron concebir a los físicos holandeses Unlenbeck y Goudsmit la posibilidad de atribuir al electrón un momento magnético propio y un momento de rotación propio ligados por una determinada relación.

Si se admite que el eje magnético del electrón sea normal al plano de su trayectoria, quedan aún dos sentidos posibles para el vector momento de rotación propio (vector «spin»). A cada trayectoria de números cuánticos n y k, corresponden dos posibilidades. Surge inmediatamente la conveniencia de precisar la indeterminación cuántica de la trayectoria estable, introduciendo un nuevo número cuántico j, susceptible de adquirir dos valores distintos para cada n y k dados.

El momento total de rotación, siendo la suma del momento de rotación del electrón sobre su órbita y del momento «spin», se tendrá:

$$M_1 = k\frac{h}{2\pi} \qquad M_2 = \pm\frac{1}{2}\frac{h}{2\pi} \qquad M = \left(k \pm \frac{1}{2}\right)\frac{h}{2\pi}$$

lo cual parece sugerir la hipótesis de atribuir al número cuántico j, un valor $j = k \pm \frac{1}{2}$. El número j expresa el momento en unidades $\frac{h}{2\pi}$.

A consecuencia de la existencia de una energía potencial, cada nivel n, k, de la teoría de Sommerfeld podrá descomponerse ahora, en otros dos, definidos en su conjunto por los números cuánticos n, j, k.

El pequeño imán constituído por el electrón se desplaza en un campo que puede suponerse coulombiano o casi coulombiano, es decir, como si estuviese sometido a campo magnético de intensidad

$$\vec{H} = -\frac{1}{c}\left[\vec{v}\ \vec{h}\right]$$

siendo $\vec{h}$ el vector definidor del campo coulombiano y $\vec{H}$ la in-

tensidad del campo magnético, perpendicular a la órbita plana descrita por el electrón. La energía potencia del diminuto imán será:

$$U = \pm M \qquad M = \frac{h\, e}{4\, \pi\, m_o\, c}$$

siendo M el momento magnético, equivalente al magnetón de Bhor.

El signo que habrá que adoptar para el valor de aquella energía potencial dependerá del sentido del momento M con relación al del electrón en su trayectoria orbital.

EL ELECTRÓN MAGNÉTICO ROTATORIO DE DIRAC

La teoría de Dirac sobre el electrón magnético rotario es la concepción más ajustada que se ha realizado sobre la dinámica del electrón. Su exposición sería demasiado extensa y nos limitaremos a recordar las líneas generales de la misma.

Dirac parte de la ecuación general de Schrodinger (1) para la propagación de los corpúsculos materiales

$$H\left(x, y, z - \frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial x} - \frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial y} - \frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial z}, t\right)\psi = \\ = \frac{h}{2\pi i}\frac{\partial \psi}{\partial t}$$

siendo H el operador hamiltoniano y ψ la función probabilística de ondas. Esta ecuación, con las correcciones propias de la mecánica relativista, conduce a la siguiente expresión de la densidad de la probabilidad de presencia de un corpúsculo m_o.

$$\rho = \frac{-h}{4\pi m_o c^2}\left(\psi\frac{\partial \psi^*}{\partial t} - \psi^*\frac{\partial \psi}{\partial t}\right) + \frac{e}{m_o c^2} v \cdot \psi\, \psi^*$$

Utilizamos el asterisco * para representar una cantidad imaginaria conjugada; e es la carga eléctrica del electrón y ρ la densidad probabilística.

Dirac observa que esta fórmula no conduce necesariamente a un valor positivo y que una densidad de la probabilidad negativa carece de sentido. Por el contrario, sostiene que la densidad de la localización ha de presentar obligadamente la forma positiva $\psi\, \psi^*$, o si se admite la presencia simultánea de una pluralidad de funciones de onda, la igualmente positiva $\sum_1^n \psi_i \psi_i^*$.

Por otra parte, la ecuación que se obtiene a través de los procedimientos de la mecánica ondulatoria no relativista es de primer orden con relación al tiempo, y la expresión de la densidad de la probabilidad es $\psi\, \psi^*$. Si se parte de una forma inicial de la función de ondas, ésta queda perfectamente determinada en cualquier instante ulterior, por la ecuación de la propagación. Por el contrario, si hacemos uso de las fórmulas relativistas, la ecuación resultante es de segundo orden y hace falta el conocimiento de ψ_o y $\left(\frac{\partial \psi}{\partial t}\right)_o$ iniciales, para que la densidad de la probabilidad quede perfectamente determinada.

(1) E. Schrodinger. «Abhandlungen zur Wellenmechanik». Leipzig, 1927.

Así, el sólo conocimiento de ψ_o no basta a la determinación de la función de ondas si no va acompañado del conocimiento de $\left(\frac{\partial \psi}{\partial t}\right)_o$ y como esta magnitud puede adoptar un valor arbitrario, podría admitirse cualquier evolución ulterior para la función de ondas, sin que se ajustara al principio de la conservación automática de la probabilidad.

La idea de Dirac (1) es que la fórmula derivada de la ecuación de Schrödinger relativista es consecuencia de un conjunto de ecuaciones de primer orden, sintetizada por aquélla. Y así, descomponiendo la función de ondas en una pluralidad de funciones auxiliares, establece las condiciones necesarias para su equivalencia analítica. Utiliza para ello unas matrices α_i complementarias de los operadores hamiltonianos.

Las condiciones de Dirac corresponden a las siguientes expresiones:

$$V = \overrightarrow{A} = 0$$

$$p_i = -\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial x_i} \qquad i = x, y, z$$

$$\left(p_4^2 - \sum_1^3 p_i^2 - m_o c^2\right)\psi_K = 0$$

$$K = 1, 2, \ldots\ldots N.$$

$$p_4 = \frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial t}\frac{1}{c}$$

siendo p_i los operadores derivados de la ecuación de Schrödinger, ψ_k las funciones onda auxiliares y m_o la masa del electrón en reposo.

La introducción de las matrices complementarias las realiza de acuerdo con las equivalencias:

$$\left(p_4 + \sum_1^3 \alpha_i p_i + \alpha_4 m_o c\right)\psi_K = 0 \qquad \alpha_i \psi_K = \sum_1^N \alpha_{i,K\,e}\, \psi_e$$

si se impone además a las matrices α_i la condición de que sean hermíticas, como a todas las matrices que intervienen en la mecánica cuántica, se puede deducir un mínimo de cuatro funciones auxiliares de onda con sus correspondientes operadores complementarios α_i, que han de satisfacer las igualdades

$$\alpha_i^2 = 1 \qquad \alpha_i \alpha_j + \alpha_j \alpha_i = 0$$

Las matrices que así se obtienen son las siguientes:

$$\alpha_1 = \begin{vmatrix} 0&0&0&1 \\ 0&0&1&0 \\ 0&1&0&0 \\ 1&0&0&0 \end{vmatrix} \quad \alpha_2 = \begin{vmatrix} 0&0&0&i \\ 0&0&-i&0 \\ 0&i&0&0 \\ -i&0&0&0 \end{vmatrix} \quad \alpha_3 = \begin{vmatrix} 0&0&1&0 \\ 0&0&0&-1 \\ 1&0&0&0 \\ 0&-1&0&0 \end{vmatrix} \quad \alpha_4 = \begin{vmatrix} 1&0&0&0 \\ 0&1&0&0 \\ 0&0&-1&0 \\ 0&0&0&-1 \end{vmatrix}$$

y las ecuaciones a que dan lugar son, por lo tanto,

$$(p_4 + m_o c)\psi_1 + (p_1 + i p_2)\psi_4 + p_3 \psi_3 = 0$$
$$(p_4 + m_o c)\psi_2 + (p_1 - i p_2)\psi_3 + p_3 \psi_4 = 0$$
$$(p_4 - m_o c)\psi_3 + (p_1 + i p_2)\psi_2 + p_3 \psi_1 = 0$$
$$(p_4 - m_o c)\psi_1 + (p_1 - i p_2)\psi_1 + p_3 \psi_2 = 0$$

Establecidas estas ecuaciones auxiliares, que substituyen a la general de segundo orden deducida de la fórmula de la propa-

(1) L. Broglie. «L'Electron magnetique». París, 1934.

gación de Schrödinger, para el caso de ausencia de campo potencial. Dirac (1), amplía su significado, substituyendo los operadores p, por los nuevos operadores correspondientes al potencial escalar V y al potencial vector $\overrightarrow{A}$

$$p j = -\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial \times j}$$

$$P j = -\frac{h}{2\pi i}\frac{\partial}{\partial \times j} + \frac{e A j}{c} \qquad j = x, y, z$$

$$P_4 = \frac{h}{2\pi i}\frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t} + \frac{e V}{c}$$

Las ecuaciones generalizadas adoptan la siguiente forma:

$$(P_4 + m_o c)\psi_1 + (P_1 + i P_2)\psi_4 + P_3\psi_3 = 0$$
$$(P_4 + m_o c)\psi_2 + (P_1 - i P_2)\psi_3 + P_3\psi_4 = 0$$
$$(P_4 - m_o c)\psi_3 + (P_1 + i P_2)\psi_2 + P_3\psi_1 = 0$$
$$(P_4 - m_o c)\psi_4 + (P_1 - i P_2)\psi_1 + P_3\psi_2 = 0$$

Sin detallar el laborioso cálculo que exigen, a continuación transcribimos los principales valores obtenidos para las más magnitudes físicas y densidades de probabilidad asociadas al electrón magnético rotario:

Magnitudes físicas	Operadores	Densidades
Carga eléctrica.....	$-e$	$\delta = -\rho e = -\sum_1^4{}_K \overset{o}{\psi}_K, 1 \psi_K$
Corriente eléctrica .	$e\, c\, \alpha_1$	$j_x = -\rho e u_x = e c \sum_1^4{}_K \overset{o}{\psi}_K \alpha, \psi_K$
	$e\, c\, \alpha_2$	$j_y = -\rho e u_y = e c \sum_1^4{}_K \overset{o}{\psi}_K \alpha_2 \psi_K$
	$e\, c\, \alpha_3$	$j_z = -\rho e u_z = e c \sum_1^4{}_K \overset{o}{\psi}_K \alpha_3 \psi_K$
Momento magnético	$\frac{e h}{4\pi m_o c} i \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4$	$I_x = \frac{e h}{4\pi m_o c} i \sum_1^4{}_K \overset{o}{\psi}_K \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \psi_K$
	» $i \alpha_3 \alpha_1 \alpha_4$	$I_y = \frac{e h}{4\pi m_o c} i \sum_1^4{}_K \overset{o}{\psi}_K \alpha_3 \alpha_1 \alpha_4 \psi_K$
	» $i \alpha_1 \alpha_2 \alpha_4$	$I_z = \frac{e h}{4\pi m_o c} i \sum_1^4{}_K \overset{o}{\psi}_K \alpha_1 \alpha_2 \alpha_4 \psi_K$
Momento eléctrico .	$\frac{h e}{4\pi m_o c} i \alpha_1 \alpha_4$	$J_x = \frac{e h}{4\pi m_o c} i \sum_1^4{}_K \overset{o}{\psi}_K \alpha_1 \alpha_4 \psi_K$
	» $i \alpha_2 \alpha_4$	$J_y = \frac{e h}{4\pi m_o c} i \sum_1^4{}_K \overset{o}{\psi}_K \alpha_2 \alpha_4 \psi_K$
	» $i \alpha_3 \alpha_4$	$J_z = \frac{e h}{4\pi m_o c} i \sum_1^4{}_K \overset{o}{\psi}_K \alpha_3 \alpha_4 \psi_K$
Momento de rotación («spin»).....	$S_x = \frac{i h}{4\pi} \alpha_2 \alpha_3$	$\sigma_x = \frac{h i}{4\pi} \sum_1^4{}_K \overset{o}{\psi}_K \alpha_2 \alpha_3 \psi_K$
	$S_y = \frac{h i}{4\pi} \alpha_3 \alpha_1$	$\sigma_y = \frac{h i}{4\pi} \sum_1^4{}_K \overset{o}{\psi}_K \alpha_3 \alpha_1 \psi_K$
	$S_z = \frac{h i}{4\pi} \alpha_1 \alpha_2$	$\sigma_z = \frac{h i}{4\pi} \sum_1^4{}_K \overset{o}{\psi}_K \alpha_1 \alpha_2 \psi_K$
	$S_4 = \frac{h i}{4\pi} \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3$	$\sigma_4 = \frac{h i}{4\pi} \sum_1^4{}_K \overset{o}{\psi}_K \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \psi_K$

(1) P. A. M. Dirac. «The principles of Quantum Mechanics». Oxford, 1930.

Del desarrollo de la teoría de Dirac, se deduce la existencia o la posibilidad de existencia de corpúsculos dotados de energía negativa, es decir, de electrones positivos. Esta consecuencia, que en un principio constituyó un grave obstáculo para su aceptación, logró brillante confirmación al descubrirse el positrón.

La teoría de Dirac interpreta satisfactoriamente los dobletes de la serie de Balmer (espectro atómico del hidrógeno), los espectros L de los rayos X, las anomalías del Zeeman y del fenómeno giromagnético y la difusión de las radiaciones (1).

Al hacer la aplicación al cálculo de los niveles de energía del átomo de hidrógeno, Dirac considera un electrón que se mueve en un campo central de potencial V (*r*). Las ecuaciones a que da lugar son las siguientes:

$$\left\{\begin{array}{l} S_1 \cdot \psi_1 - \left(\frac{\partial}{\partial x} + i \frac{\partial}{\partial y}\right) \psi_4 - \frac{\partial}{\partial z} \psi_3 = 0 \\ S_1 \cdot \psi_2 - \left(\frac{\partial}{\partial x} - i \frac{\partial}{\partial y}\right) \psi_3 + \frac{\partial}{\partial z} \psi_4 = 0 \\ S_2 \cdot \psi_3 - \left(\frac{\partial}{\partial x} + i \frac{\partial}{\partial y}\right) \psi_2 - \frac{\partial}{\partial z} \psi_1 = 0 \\ S_2 \cdot \psi_4 - \left(\frac{\partial}{\partial x} - i \frac{\partial}{\partial y}\right) \psi_1 + \frac{\partial}{\partial z} \psi_2 = 0 \end{array}\right.$$

$$S_1 = \frac{2 \pi i}{h} \left[\frac{W + c V}{c} + m_0 c \right]$$

$$W = \sqrt{m_0^2 c^2 + p_z^2}$$

$$S_2 = \frac{2 \pi i}{h} \left[\frac{W + e V}{c} - m_0 c \right]$$

Este sistema es sencillo de resolver. Su solución puede expresarse por el producto de una función esférica de Laplace por una función arbitraria del radio vector *r* (2):

$$\psi_1 = i \alpha_1 F + (r) Y_{l+1}^{m} (\theta . \varphi) \qquad \psi_2 = i \alpha_2 F + (r) Y_{l+1}^{m-1} (\theta . \varphi)$$

$$\psi_3 = \alpha_3 G + (r) Y_{l}^{m} (\theta . \varphi) \qquad \psi_4 = \alpha_4 G + (r) Y_{l}^{m-1} (\theta . \varphi)$$

siendo F y G funciones de *r*, y la función Y_l^m esférica de Laplace de la forma

$$Y_l^m (\theta . \varphi) = c\, e \pm i \varphi^m P_l^m (\cos \theta) =$$

$$= c\, e \pm i\, m\, \varphi \operatorname{sen}^m \theta \frac{d^{e+m}}{(d \cos \theta)^{e+m}} (1 - \cos^2 \theta)^e$$

La introducción de los números *n*, *l*, *j*, permite simplificar extraordinariamente las ecuaciones, y en definitiva ir a parar en expresión muy parecida a la encontrada por Sommerfeld, con sólo substituir el número cuántico azimutal por $j + \frac{1}{2} = 1 + l$.

$$1 + \frac{E}{m_0 c^2} = \left[1 + \frac{\alpha^2}{\left[p + \sqrt{\left(j + \frac{1}{2}\right)^2 - \alpha^2} \right]^2} \right]^{-\frac{1}{2}}$$

$$\alpha^2 = (\gamma - l)(\gamma + l + 2) = 0$$

(1) E. Persico. «Fondamenti della Meccanica atomica». Bolonia, 1940.

(2) J. Frenkel. «Wave Mechanics». Oxfor, 1934.

Llevando la aproximación hasta el término de segundo grado α^2 es del todo comparable al resultado del espectro fino de Sommerfeld:

$$E = - \frac{R h}{n^2} \left[1 + \frac{\alpha^2}{n^2} \left(\frac{n}{j + \frac{1}{2}} - \frac{3}{4} \right) \right]$$

ANOMALÍAS EN LA CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA

Como si el principio fundamental de toda la Física, el axioma de la conservación de la energía, perdiera su vigencia en las fronteras del núcleo atómico, un conjunto de experiencias, realizadas en las más cuidadosas condiciones de autenticidad, han puesto de manifiesto que en las regiones interiores del átomo, la energía dejaba de someterse al famoso principio de su permanencia. Para poner de acuerdo los hechos operacionales con el rigor del principio, se ha recurrido a suponer la génesis de corpúsculos pesados sin carga eléctrica («neutrinos» y «mesotrones»), pero la observación de los instrumentos más sensibles no ha logrado, sin embargo, una comprobación práctica de los mismos, por lo menos de una manera suficientemente categórica. Así, para explicar adecuadamente, conforme al enunciado de la permanencia energética, el espectro de emisión de los elementos radioactivos, tanto de los naturales como de los obtenidos artificialmente, la intervención de esas supuestas partículas de masa insignificante y vida brevísima se ha hecho necesaria, y a tal efecto se han sugerido la hipótesis de Pauli y la más admitida de Yukawa.

Nos parece innecesario entrar en el detalle de la exposición de las mismas. Hay otras razones más directas para considerar insuficiente el esquema discontinuo de la nueva mecánica que se esfuerza por lograr un compromiso entre la naturaleza corpuscular y a la par ondulatoria de la materia, que se propaga a la velocidad límite del universo.

El «fotón», ese corpúsculo que, como dice Broglie, va pilotado por una onda de naturaleza metafísica, que determina en cada momento la probabilidad de presencia en cada punto del espacio, posee propiedades extraordinarias y en cierto modo incompatibles.

Es hecho que ya no cabe poner en duda, que la luz y la radiación, en general, tiene o transporta una masa y que al incidir sobre un medio material puede dar lugar a la emisión de un haz corpuscular; la transmutación de luz en corpúsculos materiales y viceversa ha recibido suficientes comprobaciones experimentales.

No cabe, por lo tanto, hacer una diferenciación substancial entre luz y corpúsculo, porque esta frecuentísima y casi instantánea reversibilidad hace pensar que se trate acaso de una misma cosa en dos estados o en dos manifestaciones de tránsito. Y, sin embargo, las propiedades del «fotón» y del corpúsculo pesado difieren en cuanto a su comportamiento de manera fundamental.

Acaso su diferencia más honda resida en que mientras la materia nunca puede alcanzar la velocidad límite del universo, como tan rotundamente ha establecido la cinemática relativista,

$$m = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

la luz viaja en ella, cabalga, por decirlo así, en su vertiginosa estela. La paradoja salta a la vista: la luz es material, posee masa propia que se traslada a la velocidad límite 3×10^{10} centímetros, pero si fuese material, conforme a lo que acabamos de indicar, nunca podría alcanzar tan prodigiosa velocidad. No se trata de un mero juego de palabras; la radiación posee una masa, todo lo difusa que se quiera, pero evidenciada en múltiples experimentos, masa que no está sujeta a las restricciones de inercia de los corpúsculos materiales.

Esta aparente contradicción puede demostrarse fácilmente si se acepta la coexistencia de dos formas materiales, la energía de condensación referible a una masa concreta y la energía difusa, que participa de la velocidad límite, cuya diferencia fundamental reside precisamente en participar de aquélla.

Esta distinción parece necesaria subrayarla, porque ha de constituir el punto de partida para una interpretación más consecuente de los estados físicos del mundo atómico.

El "enermás"

La comunidad de esencia de la materia y de la energía establecida por Einstein en su famosa equivalencia $E = m_o c^2$, unánimemente aceptada y corroborada por la experiencia de la desintegración, constituye principio básico en la Física moderna, pero la distinción entre ambas perdura en el cálculo, y la participación de las masas se hace conforme a las leyes de inercia de la mecánica relativista, estableciendo una energía total,

$$E_N = \frac{1}{2} m_o v^2 + U \qquad E_r = \frac{m_o c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} + U$$

$$E_r \simeq \frac{1}{2} m_o v^2 + U + m_o c^2$$

que difiere de la energía total de la mecánica clásica del término $m_o c^2$, que se incorpora para dar cuenta de la enorme reserva energética condensada en una masa material.

Esta manera de plantear el problema acepta el punto básico señalado de la unidad de origen materia-energía, pero elude una de las características más importantes de esa unidad: la de ser difundible y condensable, en proceso de reversible instantaneidad. No establecemos ninguna hipótesis sobre la manera que este proceso tiene lugar, nos limitamos a señalar su presencia rotundamente comprobada por la experimentación. Y como en esa condición de tránsito residen los principales fenómenos que aparecen en las fronteras del átomo, es legítimo sostener que una mecánica que no ordene sus métodos, de acuerdo con aquella característica, ha de tropezar con dificultades insuperables.

Al tratar de hacer frente a esta unidad de la materia surge la conveniencia de establecer una nueva entidad, el «enermás», para compendiar los diferentes estados energéticos y materiales de una partícula o de un sistema, en cada instante y para cada situación espacial. No se trata de crear un nuevo vocablo técnico, sino de generalizar la energía total, que resuma en sí todas las formas de energía dependientes de un sistema, incluyendo las formas de condensación y los estados vibratorios. El «enermás» no diferirá, en general, del concepto de energía total, entendido en el sentido relativista, mientras no se produzca una mutación de masa a radiación o viceversa, es decir, mientras las oscilaciones correspondan a la variación de energía cinética, como ocurre con los electrones periféricos.

ENERGÍA DE CONDENSACIÓN Y ENERGÍA DIFUSA

En esa entidad física, que es el «enermás», y a la que forzosamente hay que referir cualquier balance energético de un fenómeno, cabe distinguir, por su diferente comportamiento, la energía referible a la masa o dependiente de una masa (energía de condensación), y para mejor decirlo, expresada en función de la masa, puesto que la masa evoluciona en el espacio y en el tiempo y la energía participante en la radiación con la velocidad límite (energía difusa), que si bien transporta una masa, parece difundida en ondas y se manifiesta con una tendencia a la propagación.

El «enermás» de un corpúsculo podrá expresarse como la suma de estos dos componentes fundamentales, una energía de condensación caracterizada por una función de masas y una energía radiante dependiente de una frecuencia o de una superposición de frecuencias.

$$\xi = k\,F(m) + h \sum_{1}^{n} v_i$$

siendo el «enermás» h la constante universal de Planck, y k un factor de equivalencia dependiente de la fórmula de Einstein.

Suponiendo que el corpúsculo no experimente alteraciones en su energía de condensación que modifiquen su equilibrio interno, el aumento o la disminución normal de energía cinética nos permitirá escribir:

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} = 0 \qquad k\,F(m_1) - k\,F(m_2) = h \sum_{1}^{n} v_i$$

y la cuantificación de los movimientos se realizará en las mismas condiciones de las páginas anteriores.

Pero cuando se produzcan perturbaciones y cambios en la distribución de las dos formas energéticas fundamentales, cuando haya conversiones de energía de condensación a energía difusa, el balance energético tomará apariencia muy distinta y el valor significativo del «enermás» cobrará todo su vigor.

La diferencia entre dos estados distintos de «enermás» nos permitirá establecer una relación entre la función de masas y las frecuencias radiantes. El conocimiento de aquélla nos dará la clave para llegar a la determinación de los estados estacionarios.

EL PRINCIPIO DE CONSERVACION DEL «ENERMÁS»

El principio de la permanencia de la energía parece gravitar sobre toda la Física, y prescindir de él sería como renunciar a toda posibilidad de utilizar el razonamiento matemático para ex-

presar sus leyes, a los que sólo cabría conferir carácter empírico.

Toda la mecánica clásica apoya sus ecuaciones en esta ley fundamental, que ha ido sucesivamente ampliándose hasta determinar las equivalencias entre las diferentes formas de energía, movimiento, calor, electricidad, etc.

Lavoisier extendió este principio a la materia y su famosa ley ha servido de fundamento a toda la formulación de la Química. Sin embargo, la ley de Lavoisier es sólo aproximada y ofrece notables desviaciones cuando alcanza a los elementos radioactivos. La mecánica relativista ha puesto claramente de manifiesto el carácter aproximado de dicha ley.

El principio de la conservación de la energía parecía, asimismo, intangible y, sin embargo, experiencias realizadas durante el estudio de las transformaciones nucleares muestran discrepancia con tan fundamental enunciado. En las fronteras del núcleo atómico la energía adopta formas y manifestaciones imprevistas. Investigadores tan sagaces como Pauli, Yukawa y Fermi, han tenido que admitir la formación de masas neutras para poder conjugar los resultados experimentales con el axioma de la conservación.

Al proceder así ya sugieren, aunque no lo enuncien, la idea de un «enermás permanente». Esa energía que no registran los instrumentos de medida, esa energía que, por decirlo así, desaparece sin dejar rastro, tiene que condensarse en una masa ponderable («neutrino» o «mesotrón»). La energía no conserva su permanencia, si la entendemos con el carácter limitado de la Física clásica, pero el «enermás» permanece invariable. Si se amplía el significado de la entidad energética, el principio de la conservación mantiene su fundamental vigencia.

Los otros dos, señalados como base de la Física y Química, no son más que casos particulares, situaciones especiales de este fundamental de la invariabilidad del «enermá». Aquéllos sólo tienen gobierno dentro de ámbitos restringidos, mientras no se hayan producido condensaciones o difusiones energéticas. Al abordar el mundo atómico y aparecer corpúsculos con velocidades comparables a la de la luz, las condiciones del intercambio se alteran profundamente. El «enermás» se hace indispensable entonces, al referirse al equilibrio de cualquier sistema físico.

«ENERMÁS» Y CAMPO DE FUERZA

Supongamos la existencia de un corpúsculo dotado de un «enermás» ϵ, situado dentro de un campo de fuerza, definido por un potencial U. Supongamos, asimismo, que si por un momento pudiera anularse la acción de ese campo, el potencial del corpúsculo sería ϵ_0 y que $\epsilon > \epsilon_v$.

La influencia del campo otorga al corpúsculo un aumento de «enermás» referible a su masa, o, lo que es lo mismo, el corpúsculo toma del campo un «enermás» suplementario $\triangle\epsilon$. Supongamos ahora que, libre de otras influencias, el corpúsculo se desplaza por la acción del campo; su «enermás» permanecerá invariable, pero habrá una transferencia de energía potencial a energía cinética, tal como se deduce de las fórmulas clásicas y relativistas de la cinemática. No hace falta detallar el proceso; la energía total, que en este caso es equivalente al «enermás», se mantiene constante.

Si el campo se manifiesta por una tendencia al movimiento, hasta el punto que no cabe hacer diferenciación local entre acciones de inercia y acciones gravitatorias, el movimiento ha de constituir la característica intrínseca del campo. Esto es lo que han puesto en claro las teorías relativistas. Gravitación e inercia en una misma cosa.

Pero de donde procede ese aumento de «enermás» sobre un corpúsculo producido por la presencia de un campo. El corpúsculo lo toma del campo, pero si es así, ese incremento de la inercia corpuscular, ¿de dónde procede?, ¿de la masa central, progenitora del campo? Y la transferencia como se produce por ondas, por radiación, ¿de qué manera?

Ya sabemos de qué genial correspondencia se ha valido Einstein para lograr una interpretación consecuente del mundo físico: su universo pluridimensional espacio-tiempo. Los cuerpos se desplazan siguiendo su línea natural de universo. Los campos gravitatorios producidos por la presencia de una masa corresponden a curvaturas de ese hiperespacio. Trayectorias y equilibrios son consecuencias inexorables de esa geometría. La correspondencia es eficacísima, constituye un recurso maravilloso para el estudio de los movimientos peculiares de un sistema. La energía y la masa serían más que elementos de nuestra percepción de las curvaturas espaciales (1).

Esta última afirmación parece olvidar la naturaleza misma del método matemático, a que nos hemos referido en la introducción de este trabajo, hasta negar la realidad del mundo físico para otorgar única validez al ente matemático (hiperespacio) que quiere representarlo. Se aparta asimismo de la posición relativista, al admitir, no sólo un superobservador, sino un árbitro supremo dotado de la percepción pluridimensional. Pero aún así, aceptando tan inestable punto de vista, el problema de la transferencia energética corpúsculo-campo permanece en pie. ¿Por qué la presencia de una curvatura confiere un aumento de curvatura a los pliegues adyacentes?

Es aventurado sostener que la energía difusa constituye el tejido del universo, colmando sus gigantescas dimensiones. Es aventurado sostenerlo, pero la hipótesis ofrece indudables ventajas, entre otras la de permitirnos una interpretación cabal de algunos fenómenos fundamentales, como los campos gravitatorios.

Ya dijimos que la energía difusa es el transporte de una masa a la velocidad límite. Si por un momento suponemos el universo constituído por ese tejido energético uniformemente distribuído, la condensación de una masa provocará en su entorno alteración de la densidad energética; alteración permanente que constituirá un campo de fuerza. La acción de ese campo se haría ostensible a través del tejido universal, que se propaga con la velocidad de la luz. Establecemos, por lo tanto, que las acciones gravitatorias se propagan con la velocidad límite en perfecta armonía con las hipótesis de Einstein y con los hechos experimentales.

Este tejido energético permitiría explicar la propagación de las radiaciones y, lo que es más incompatible, la dualidad corpuscular ondulatoria de la luz, al suponer un tránsito incesante de energía de condensación a la forma difusa y viceversa en la propagación de un rayo.

---

(1) A. S. Eddington. «Espacio, Tiempo y Gravitación». Madrid, 1922.

La hipótesis se adapta a una pluralidad de hechos incompatibles con las antiguas concepciones. A la Física del universo le correspondería una especie de Hidrodinámica de ese flúido universal, que en parte podría ser asimilada por la Geometría espacio-tiempo de Einstein y, en parte, ofrecería métodos propios.

En la parte común, los resultados serían los mismos, con sólo substituir curvatura por densidad energética (potencial de la Mecánica clásica). En lo que se refiere al estudio de los movimientos ondulatorios, nos obligaría a introducir un nuevo término analítico: la función de masas, representativa de la evolución de los procesos de condensación material.

En cuanto a las objeciones que pudieran interponerse, la principal es la falta de una comprobación experimental. Objeción tan sólo parcial, porque la existencia de masas o energías difusas está fuera de toda duda, y el tránsito de una a la forma de condensación ha recibido suficientes comprobaciones experimentales y, además, la concepción de un universo vacío no es acaso tan absurda como la de un universo sin tiempo.

Se podría objetar también que la hipótesis no hace más que modificar el orden de dependencia del fenómeno gravitatorio. La aparición de un campo de fuerza queda subordinada a la condensación de una masa. Antes se decía: en las inmediaciones de una masa existe un campo de fuerza. Y, sin embargo, no hay tal; la dependencia que ahora formulamos alcanza una región más honda del fenómeno y está supeditada a otra cuestión de capital importancia, cuyo estudio ocupa preferentemente la atención de la Física moderna: la materialización de la energía.

LA FUNCIÓN DE MASA Y LA FUNCIÓN DE ONDAS

La consecuencia más importante que se deduce de la consideración del «enermás» es que la masa de un corpúsculo no es una entidad fija, como suponía la Mecánica clásica, ni siquiera una entidad variando conforme a la ley de las velocidades de la Mecánica relativista, sino que es susceptible de transferir parte de su energía de condensación a la forma difusa o radiación.

La función de ondas definida por la ecuación de la propagación de Schrödinger establece la probabilidad en cada instante y para cada posición del espacio de la presencia de un corpúsculo de masa m_0. Esta probabilidad es dependiente de la masa:

$$\Delta \psi - \frac{8 \pi^2 m}{h^2} U(x, y, z) \psi = \frac{4 \pi i}{h} \frac{\partial \psi}{\partial t}$$

A cada valor m de la masa corresponderá una probabilidad de presencia distinta. Así, por ejemplo, si la masa creciera sin límite $m \rightarrow 0$, la probabilidad de presencia sería nula y el «enermás» del corpúsculo, según el postulado de su permanencia, sería todo él radiación. A una probabilidad de presencia $\psi = {}_0$, correspondería una probabilidad de emisión de energía difusa $\mu = 1$.

Es, por lo tanto, necesario el conocimiento de la evolución del «enermás» para una adecuada aproximación en la ecuación de Schrödinger. Y como el «enermás» es dependiente de una función de masas,

$$\varepsilon = k F(m) + h \sum_{1}^{n} \nu_i$$

es preciso el conocimiento de esta función de masas para substituir su valor en la ecuación de la propagación.

Si recordamos la fórmula de la densidad de la probabilidad de la presencia de un corpúsculo, de acuerdo con la ecuación relativista de Schrödinger,

$$\rho = \frac{-h}{4 \pi m_0 c^2} \left(\psi \frac{\partial \psi^0}{\partial t} - \psi^0 \frac{\partial \psi}{\partial t} \right) + \frac{e}{m_0 c^2} V . \psi \psi^0$$

hemos visto que dicha fórmula no conduce necesariamente a un valor positivo. Hemos visto también que la ecuación de la propagación, por ser de segundo orden, admite cualquier evolución de la función de ondas, puesto que el valor inicial de $\left(\frac{\partial \psi}{\partial t} \right)_0$ es arbitrario y, en consecuencia, la función de ondas no se ajustará automáticamente al principio de la conservación de la probabilidad:

$$\iiint \psi \psi^0 \, dx, dy, dz = 1$$

Dirac disiente de tal indeterminación y establece las cuatro ecuaciones auxiliares de primer orden que le permiten el estudio completo del electrón orbital. Pero la introducción del concepto de «enermás» nos permite una interpretación más consecuente de la ecuación de Schrödinger.

El hecho de que la probabilidad total en el espacio sea

$$\iiint \psi \psi^0 \, dx, dy, dz < 1$$

significa que una parte de la energía de condensación del corpúsculo ha sido transferida a la forma difusa. La función de masas sería, por lo tanto, equivalente a:

$$\frac{\partial F}{\partial t} = m_0 \iiint \psi \psi^0 \, dx, dy, dz$$

y así obtenemos la sorprendente conclusión, que a cada $\left(\frac{\partial \psi}{\partial t} \right)_0$ inicial corresponde una evolución ulterior distinta de la función de masa.

De la misma manera que a la función de masas viene asociada una onda probabilística, a la energía radiante habrá que asociarle una función probabilística,

$$h \sum_{1}^{n} \nu_i = \iiint \mu \, d\nu \qquad d\nu = dx, dy, dz$$

ambas funciones satisfaciendo a la relación

$$\iiint (\mu + \psi) \, d\nu = 1$$

de la conservación generalizada de la probabilidad del «enermás».

De todo ello se infiere que la evolución del «enermás» de un corpúsculo puede adquirir formas diversas y acepta la posibilidad de un tránsito intermitente de energía de condensación a la forma difusa, de acuerdo con las normas de la cuantificación de la acción. Un rayo luminoso se caracterizaría por esa constante evolución, y así participaría a intervalos de las propiedades ondulatorias y corpusculares de la radiación.

En tanto que se mantenga el principio de la conservación de

la probabilidad en su forma restringida, los resultados de la teoría de Dirac son satisfactorios, pero tan sólo como caso particular de la evolución del «enermás» de un corpúsculo cuando sigue su línea natural de universo.

Barcelona, abril de 1950.

NOTA BIBLIOGRÁFICA

N. Bhor: «Abhandlungen uber Atombau-Brunswick». 1921.

L. Broglie: «Théorie de la quantification dans la nouvelle mecanique». París, 1930.

— «L'Electron Magnetique». París, 1934.

— «Une nouvelle théorie de la lumiere». París, 1936.

Campbell: «La structure de l'atome». París, 1932.

— «Théorie quantique des spectres». París, 1934.

R. Courant-D. Hilbert: «Methoden der Mathematischen Physik». Berlín, 1931.

P. A. M. Dirac: «The principles of quantum mechanics». Oxford, 1930.

A. S. Eddington: «Espacio, Tiempo y Gravitación. Madrid, 1922.

J. Frenkel: «Wave Mechanics». Oxford, 1934.

W. Heinsenberg: «Die physikalischen Prinzipien der Quantentheorie». Leipzig, 1930.

J. Iñiguez Almech: «Mecánica cuántica». Zaragoza, 1949.

F. Joliot: «L'existence du neutron». París, 1933.

G. Julia: «Introduction Mathematique aux théories quantiques». París, 1938.

L. Leprince-Ringuet: «Les transmutations artificielles». París, 1932.

R. A. Millikan: «Electrons, Protons, Photons, Neutrons and cosmic rays». Cambridge, 1934.

E. Persico: «Fondamenti della Meccanica Atomica». Bolonia, 1940.

A. Sommerfela: «Atombau und Spektrallinien». Brunswick. 1939.

E. Schrödinger: «Abhandlungen zur Wellenmechanik». Leipzig, 1927.

S. Thomson: «Les rayons d'electricité positive». París, 1938.

H. Weyl: «Gruppentheorie und Quantenmechanik». Leipzig, 1931.

N.º 27. - La enseñanza técnica

Autor: D. MARIANO GONZALEZ SALAS
Ingeniero de Caminos

I. LOS OBREROS

Nos contentaríamos con que todos supieran leer, y aunque el llamado peonaje no precisa más que fuerza, en los tiempos actuales es preciso no dejarle abandonado y en los centros industriales o empresas importantes por las noches enseñarle lectura y, sobre todo, el que vaya al Ejército no salga de él mientras no aprenda a leer; por lo menos firmar.

El obrero de oficio ha de ser objeto de muchos cuidados, no le basta con que sepa hasta escribir, sino que debe conocer su trabajo manual con las reglas prácticas de aplicación de la técnica.

Las Escuelas de Trabajo y los jefes de industria, deben obligarle a sufrir aprendizaje mejor; no dejar que se abandonen los obreros y otorgar premios y no mejorando el jornal a quien no sepa más que manejar las manos.

La Diputación de Barcelona, en su Escuela Industrial, llega a enseñar cursos por correspondencia; es lo mejor que tenemos y lo que se debe prodigar.

Es necesario disponer de buenos oficiales; enseñarles por qué las piezas tienen distintos espesores, por qué los cables tienen diferentes diámetros, las clases de materiales, sus defectos, croquis de elementos, mediciones con cinta o metro, calibración y reglas prácticas, uniformadas, sobre dimensiones.

En las Escuelas de Trabajo deben intervenir algún ingeniero, peritos y ayudantes para preparar a los aprendices y obreros especializados.

No importa que en la ciudad no existan industrias; se puede enseñar hasta por correspondencia y, desde luego, todos los aprendices deben pasar por esas escuelas y también los oficiales que quieran mejorar y prosperar, las cuales pueden librar certificados o cartillas de trabajo con la clasificación que se les atribuya.

El simple título de «conductor» que hoy se prodiga excesivamente, pueden ser objeto en esas escuelas de cursillo de reparación urgente de averías.

Todos los oficios deben enseñarse a horas fuera del trabajo y todos los obreros se han de especializar en lo que más les llame la atención, dejarles en libertad para escoger el trabajo e idear entretenimientos hasta con juguetes. No someterlos a un plan disciplinario uniforme, despertarles la curiosidad por cualquier quehacer, incluso el de cortar patrones y coser.

Hasta que un joven no vaya al servicio militar, hay que cobijarlo en la escuela nocturna y no concederle trabajo si no ha verificado un buen aprendizaje. La cartilla de aptitud se impone.

II. LOS CAPATACES Y MAESTROS

A éstos hay que dirigir la atención, estimularles la inteligencia y las aficiones a trabajar bien.

No es preciso que sean vigilantes duros, con facultad de despedir; es más interesante que sepan distribuir con orden el trabajo.

Además de obligarles a que lleven varios años de práctica de obreros, debe ser condición la de que hayan hecho tres cursos especiales en las Escuelas de Trabajo, aunque sea por correspondencia.

Deben conocer los planos, las escalas, interpretar un croquis, croquizar a mano alzada, expresar una idea por el dibujo escueto y sencillo. Conocer aritmética, algo de geometría, conocimientos de materiales, artes u oficios, labores con la herramienta o máquinas y las leyes fundamentales de las aplicaciones de la física, para que tengan conocimiento del por qué de las cosas.

Las Escuelas de Trabajo organizarán, siguiendo el plan modelo de la de Barcelona, esos tres cursos para obreros, donde se perfeccionen y desarrollen su inteligencia. Y, desde luego, sin el certificado de aptitud no se les debe admitir en la esfera privada de las empresas.

En nuestro país lo que más falta hace son los maestros de taller o brigada y todo lo que haga por enseñarles es poco. Con frecuencia vemos extranjeros dirigiendo y ordenando a españoles como si fuéramos coloniales.

Como aliciente se les debe preparar al que sobresalga, para técnico o encargado general.

Pueden establecerse becas para ser técnicos.

III. TÉCNICOS

Incluimos en esta clase también a los delineantes. Los tenemos demasiado buenos, pero calmosos, abusan de la rotulación y rayado y sombreado, quieren ser artistas, pero desconocen las más elementales reglas o conocimientos sobre lo proyectado, sólo saben calcar y aquí es donde cabe mejor la enseñanza por correspondencia. Todos deben conocer topografía, taquimetría, especialmente nivelación. Varias disciplinas de construcción, montaje, leyes generales de la mecánica, electricidad, maquinaria y motores. El maestro puede y debe llegar a ser buen técnico.

Sólo las escuelas especiales pueden atenderles, mediante cursos por la noche, exámenes fáciles trimestrales y prácticos, sin forzar la memoria.

Como aspiración se les puede dejar a que alcancen el título de ayudantes o peritos, de cualquier especialidad, siempre que cursen, aún como libres, los estudios que las escuelas especiales fijan hoy para los demás.

Las empresas deben ayudar a que hagan prácticas en sus trabajos, y sin este requisito no se les extenderá certificado de aptitud. Hay que procurar educarlos al lado de los ingenieros, como auxiliares facultativos que podrán llegar a ser.

A este personal se le debe dejar que amplíe sus conocimientos en todas las especialidades presentes y futuras, dando validez y hasta reconocimiento a las escuelas particulares por correspondencia. Nunca será bastante la libertad concedida para que el individuo escoja el trabajo que más le gustó y la facilidad de aprender en cualquier rincón del país.

IV. AYUDANTES Y PERITOS

Hasta ahora, sólo se les exige conocimientos para colocarlos en los servicios del Estado, cuando las empresas e industrias los podrían proteger más y con mejores sueldos.

No hay por ello que menospreciarlos; puede obtenerse gran rendimiento, pues su cultura suele ser mejor que la de muchos técnicos extranjeros; sólo hay que enseñarles al estilo americano, excitarles y emularles a quienes de ellos se deciden a mejorar a cursar los estudios de ingeniero en las condiciones que hoy lo hacen algunos ayudantes y peritos.

Los estudios deben ampliarse con vistas a la especialidad y a la industria moderna, pudiendo proyectar obras hasta 100.000 pesetas con legalidad de firma.

Todo ingeniero debe tener su auxiliar facultativo reconocido.

En la esfera particular sería conveniente que se dedicaran a contratistas o pequeños empresarios, instaladores, representantes y hasta comisionistas.

Para ello, no se les debe colocar en el Estado hasta que lleven diez años de empleos en empresas o particulares.

V.—ESTUDIOS DEL INGENIERO

La base formativa de toda la Ingeniería se levanta sobre las matemáticas, al estilo del siglo pasado; mas, en el futuro, habrá que pensar si son tan precisas e imprescindibles, pues algunas, por excesiva pureza o por falta de aplicación, no resultan adecuadas a la práctica y especialización moderna. Asignaturas como la Geometría analítica y descriptiva, el cálculo diferencial e integral no han producido más efecto que eliminar a los candidatos a ingreso, y se ha de sentir cariño tanto por los que logran ganar éste como por el millar de estudiantes que fracasan cada año y han de acudir a otras profesiones. ¿Qué hace un joven con tanta matemática; y tanto problema en la cabeza, que no le resuelve el más grave de la vida...?

Hace ya muchos años que se han venido preconizando las «matemáticas prácticas», pero no han tenido buen éxito. Persiste la idea de la eliminación, agravada por el tope del número de plazas, idea burocrático-administrativa, relativamente acertada, pues al poner cortapisas se obliga al desilusionado a pensar en otro porvenir. ¿Pero no se le habrá perjudicado en su inteligencia? Es buena gimnasia cerebral las matemáticas, pero ello no mejora la cultura, el sentido común, la sensatez y la humanidad. Siempre nos hemos complacido en criticar a los profesores de tales ciencias; casi la mayoría estaban desorientados en la vida cotidiana.

El esfuerzo económico es muy importante: cinco años de preparación y cinco de carrera, o más, cuestan, a dos mil pesetas mensuales, doscientas mil pesetas, que puestas en un negocio sencillo, pueden solucionar el futuro.

Por otra parte, las especialidades son muchas y, de continuar así, se llegará al Ingeniero de «Plexiglás».

El fracaso de los estudiantes de matemáticas nace de la mala preparación al empezar y se retrotrae a la escuela primaria, donde no se enseñan las primeras nociones de aritmética y geometría elementales como es debido.

El niño se atasca en la división, que es donde empieza el *raciocinio*, en la razón entre dos números, en la regla de tres, que hay que saber discernir; es, pues, la verdadera *razón pura* mal entendida y de ella no debe hacerse punto de arranque.

Casi todos los bachilleres que elijen estudios de Humanidades o fisiológicas lo hacen porque no les gustan las ciencias exactas y no las prefieren porque no saben pensar, no tienen paciencia y optan por estudiar de memoria en vez de cavilar. Las matemáticas se aprenden *sentados* y con terquedad.

En otro aspecto, los hijos de los propietarios, terratenientes y comerciantes quisieran que sus hijos estudiaran para ser Ingenieros, sin saber si a ellos les satisface; es capricho de los padres, y se van a Madrid a vivir alegremente, al final regresarán, al cabo de los años, con carrera distinta.

El honor queda a salvo.

Las matemáticas no son tan imprescindibles al Ingeniero, que debe saber mejor pensar y enjuiciar cuestiones morales y sociales, y no digamos las comerciales o económicas.

No es conveniente que la dirección de los negocios esté en manos de hombres de empresa, capitalistas, la mayoría salidos de clase modesta y que no gastan contemplaciones, toman al Ingeniero como asalariado distinguido.

Ello se ha de terminar y ha de considerársele como colaborador, asociado industrial, director con firma y copartícipe en los beneficios. El dinero no es don de mando; el cerebro y conocimiento de los trabajos, suma más que el capital, sobre todo en los modernos negocios.

No debe admitirse proposición, oferta, presupuesto o plan solamente firmada por los consejeros-delegados, directores, gerentes o dueños comerciales.

En todo lo que se relacione con la Ingeniería deben ir unidas las firmas del propietario, sea contratista o proveedor, y la del Ingeniero, en cuanto el asunto llegue a las quinientas mil pesetas y las empresas con capital anónimo, por cada millón, no de formación, sino de giro anual o ventas en pesetas, tendrá un Ingeniero responsable y, por lo tanto, en las sociedades industriales, un Ingeniero-director que garantice a todos los demás empleados. En vez del capital o presupuesto puede aceptarse que para regir cien empleados a cierto número de máquinas, exista el cargo de Ingeniero.

Los estudios preparatorios, matemáticos, se han de espurgar de todo lo que no sea práctico: examinar en teoría y práctica todo por escrito y de una sola vez, es decir, no dividir en grupos. Aumentar la física, química y mecánica elementales para poder aplicar mejor las matemáticas, no poniendo problemas teóricos, sino que puedan llevarse a la práctica y sean de sentido común: ciencia aplicada, no pura. Hasta no sería contraproducente, mejorar la clasificación con la prueba de algún oficio manual, libre, a elección del candidato.

Creemos que no se deben de organizar más especialidades. Toda la Ingeniería está cimentada en las matemáticas, física y química, mecánica y otras asignaturas; la ciencia es igual para todos, luego no cabe distinciones, solamente al terminar, especializarse en la técnica moderna, por aficiones, sin distinción de títulos.

Los profesores deben dedicarse a la enseñanza escuetamente, mañana y tarde, y dejar y no servir otros cargos remunerados, ni comisiones oficiales o direcciones de empresas o negocios particulares.

Tampoco deben ser altaneros.

Los libros de texto no deben ser jamás del mismo profesor, y deben ser revisados cada cinco años por la junta de profesores. Los apuntes en clase del propio alumno deben prohibirse. En clase se escucha y no se puede perder la atención con la toma de notas; para eso están los taquígrafos.

Nada de lecciones de memoria; cada semana prueba práctica, calificada, y cada tres meses examen parcial, con validez. Los que deseen nota, que se examinen al acabar el curso de todo el conjunto.

El joven debe aprender, mas no hay que desentenderse de la salud, del deporte y de que resulte poco atrayente el estudio. Es la edad de la alegría, y quien se agote, que son los más, jamás vuelven, al terminar la carrera, a abrir un libro. Hay que evitarlo a toda costa, preparando al Ingeniero para que piense el día de mañana en ampliar sus conocimientos.

Los que obtengan el título no deben ingresar inmediatamente al servicio del Estado, y permanecerán diez años, en la esfera libre por su cuenta, y, aún más, no podrán ser destinados a los servicios centrales, administrativos de los Ministerios, hasta que lleven otros diez en provincias.

Deben exigirse ciertas condiciones físicas, morales, de buena voluntad y costumbres para ascender a Jefes. Nada hay tan desorganizador como un escalafón en que todos llegan, a la larga, a la Jefatura. A tal efecto, los mismos Cuerpos deben seleccionar, votando cinco compañeros de subalternos y otros cinco de la clase directora responsable.

El bachillerato para las carreras ingenieriles debe constar de los cinco cursos primeros del actual, sin reválida parcial ni efectos académicos.

Ya se cuidan las Escuelas Especiales de elegir los precisos mejores, y si quieren distinguir a los ganadores de plaza de ingreso, pueden ser clasificados los que hayan aprobado en la Universidad las matemáticas, física, química, mecánica. Con esto se evitará que los no admitidos abandonen los estudios oficiales similares y que pueden servirles.

Puede otorgarse el grado de Doctor-Ingeniero a todo aquel que haya terminada la carrera universitaria de ciencias físicas, exactas o químicas, cualquiera de ellas, y además tenga el título de Ingeniero, cuyo doctorado será muy reconocido para profesor de Escuelas Especiales y agregados culturales en las Embajadas.

El exceso de sabiduría científica para la industria media no es conveniente. Los investigadores a los laboratorios oficiales, a las grandes organizaciones del hierro, cemento, química, electrónica, etc.

Se pudiera recomendar al Ingeniero-empresario, pero formado por sí mismo en la lucha de los negocios; la banca privada debe tenerlo en cuenta y de la misma forma que concede créditos personales, podría facilitar medios al que puede responder con su carrera, que es más tangible y tan importante como el disponer de garantías muebles o inmuebles para hipotecar y, lo que es mejor, pondría su honor y su dignidad al servicio de todos los que trabajan.

Mayo, 1950.

GRUPO IX
SECCIÓN ÚNICA

N.º 186. - Medida «in-situ» del coeficiente de absorción del subsuelo para vibraciones

Autor: D. MARIANO FERNANDEZ BOLLO
Ingeniero de Caminos

I

FUNDAMENTO FÍSICO DEL MÉTODO EMPLEADO

1) EL FENÓMENO OSCILATORIO DE LAS ROCAS.

Cuando un macizo rocoso está sometido a esfuerzos rápidamente variables, entra en oscilación en forma análoga a un cuerpo elástico teórico, pero las ondas elásticas producidas tienen características peculiares.

Su estudio se inició por los temblores de tierra (Sismología), continuó después para la prospección sísmica, ha adquirido hoy día un desarrollo que ha permitido con facilidad su extensión a las investigaciones sobre el comportamiento elástico de los terrenos con vistas a su aplicación al proyecto de obras de Ingeniería.

En primera aproximación muchos macizos rocosos se pueden asimilar a cuerpos isótropos y homogéneos y estudiar teóricamente las ondas que se producen en ellos. Esta cuestión es sencilla y resultan dos tipos de transmisión de estas ondas, el longitudinal (P) y el transversal (*s*). El primero se caracteriza por la transmisión por compresiones y dilataciones, mientras el segundo lo hace por esfuerzos cortantes.

Las relaciones de Poisson-Stokes sirven para deducir las velocidades (v_l y v_t) de las características elásticas internas de la roca:

$$v_l = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\delta}} \qquad v_t = \sqrt{\frac{\mu}{\delta}} \qquad [1$$

donde:

$$\lambda = \frac{\sigma e}{(1+\sigma)(1-2\sigma)} \qquad \mu = \frac{e}{2(1+\sigma)}$$

e = módulo elástico; σ = coeficiente Poisson; δ = densidad
Sobre el tema puede leerse la obra de Vicente Inglada, *Estudio sobre la propagación de las ondas sísmicas*, Madrid 1945.

Pero como prácticamente en casi todos los casos hemos de tener en cuenta la superficie del suelo (sólo se puede prescindir de ella en observaciones en pozos y túneles profundos), también esta condición de contorno influirá en el resultado, originándose ondas polarizadas y transmitidas por compresiones-esfuerzos cortantes de los tipo Love (Q) y Rayleigh (R). Puede verse sobre esta cuestión como obras fundamentales *On waves propagated slong the plane surface of an elastic solid*, Lord Rayleigh, Proc. Math. Soc. Vol. XVII-1887, y *A treatise on the Mathematical Theory of Elasticity*, A. E. H. Love.

Estas ondas son siempre mucho más lentas que las anteriores y, en realidad, a poca distancia de la fuente de vibraciones suelen confundirse con las transversales o disiparse en los accidentes próximos a la superficie.

Por tanto, en todo lo que sigue sólo nos referiremos a las ondas longitudinales y transversales denominadas usualmente P y S, por ser las Primae y Secundae de los sismogramas obtenidos en los Observatorios Sísmicos.

2) LA ATENUACIÓN CON LA DISTANCIA DE LA VIBRACIÓN U OSCILACIÓN.

Al alejarse de un foco de oscilación del subsuelo como, por ejemplo, de un pilar en el que se fija una máquina, la vibración va atenuándose y a distancia suficiente desaparece prácticamente.

Esta atenuación se debe a varios fenómenos físicos, de los cuales los preponderantes son la *dispersión* y la *absorción*.

Por dispersión entendemos el hecho de que la zona afectada por el frente de onda en su avance es cada vez mayor, y, por tanto, la importancia de la amplitul ha de ser menor para obtener la misma energía. Esta ampliación del frente de onda se puede deber a la forma geométrica del sólido en el que se propaga, o a inclusiones y accidentes del mismo. En el primer caso se la denomina *dispersión geométrica*, y en el segundo *difacción elástica*.

Pero, independientemente de este hecho, que no hace más que distribuir la energía, sin disminuirla, se observa una pér-

dida o absorción de la misma. Esta absorción, con frecuencia importantísima, se debe a una transformación sufrida por la energía al transmitirse, deformando la roca. En principio puede suponerse a ésta provista de un coeficiente de frotamiento interno, análogo en cierto modo al de Poiseuille, o viscoso, de los líquidos.

Si se hace esta hipótesis, la absorción de energía será en cada momento función de la amplitud, y, como ésta disminuye constantemente por la propia absorción, se podrá expresar como una función amortiguada.

3) EL COEFICIENTE DE ABSORCIÓN.

Suponiendo que, análogamente al caso de los líquidos, la ley amortiguadora es exponencial, lo cual está de acuerdo con las teorías acerca del funcionamiento elástico de los sólidos reales y con la experiencia de las oscilaciones elásticas, de muelles o resortes, se puede introducir una fórmula de la forma:

$$W_d = W_o \, e^{-\alpha d} \qquad [1]$$

donde W_d es la potencia que queda a una distancia d del punto donde era W_o, hecha la corrección de dispersión.

De aquí podemos definir:

$$\alpha = \frac{1}{d} \, l_n \, \frac{W_d}{W_o} \qquad [1]$$

y denominarlo «coeficiente de absorción».

4) RELACIÓN ENTRE EL COEFICIENTE DE ABSORCIÓN Y LAS CARACTERÍSTICAS DE LA OSCILACIÓN.

La potencia de una oscilación elástica por m^2 de sección normal a la dirección de propagación, con amplitud A, frecuencia f, densidad δ y velocidad v de propagación, será:

$$W = 2 \, \pi^2 \, A^2 f^2 \, \delta \, v \qquad [3]$$

supuesta una onda perfectamente senoidal.

Como δ, v y f en distancias no grandes se pueden considerar constantes:

$$\frac{W_d}{W_o} = \frac{A_d{}^2}{A_o{}^2} \qquad [4]$$

es decir, que:

$$\alpha = \frac{2}{d} \, l_n \, \frac{A_d}{A_o} \qquad [5]$$

relación que nos dice que el número obtenido tomando amplitudes por potencias es la mitad de α.

Por otra parte, se puede establecer la relación:

$$\alpha = \frac{\delta \, \pi^2 \, v f^2}{3 \, \delta \, c^3} \qquad [6]$$

donde v es el coeficiente específico de fricción (véase, v. g. *Stewart and Lindsay Acoustics*, 1930. Van Nostram).

Estas dos relaciones [5] y [6] permiten hallar α a partir de los datos medibles en el terreno (A_d y A_o) y a partir de las características del subsuelo y de la frecuencia (formula [6]).

II

MÉTODO EMPLEADO PARA HALLAR α

1) MEDIDAS PRECISAS PARA ESTUDIAR α

Si deseamos calcular el valor de α por la fórmula [5], nos basta con medir A_d y A_o, pero si, además, queremos definir bien el valor, debemos determinar también f, con lo cual nos será posible llegar a un conocimiento completo del terreno, especialmente si disponemos de un equipo que nos permita variar el valor de f.

2) DETERMINACIÓN DE LAS AMPLITUDES.

En la práctica, la medida directa de A_d y A_o puede hacerse con sismógrafos mecánicos, pero resultan de difícil transporte y costosa instalación.

Para nuestros ensayos hemos utilizado sismógrafos de tipo electro-magnético, construídos con campos de imanes potentes, entre los cuales se mueve una armadura. Este movimiento induce corrientes en unas bobinas de unas 20.000 vueltas de hilo de 0,05 milímetros de ϕ, que se transmiten a un amplificador a dos pasos-pentodos, bien estudiado para conseguir una amplificación superior a 1.000, sin distorsión apreciable.

La tensión alterna de salida es sensiblemente proporcional a A cuando el amortiguamiento es suficiente y de frecuencia igual a la del suelo. Por tanto, tendremos una idea bastante axacta de α midiendo la relación de tensiones.

Si esta tensión actúa sobre una resistencia, la intensidad, para resistencias muy elevadas, es proporcional a A, y la potencia disipada a A^2, por lo que también se puede hallar por medio de un medidor de salida.

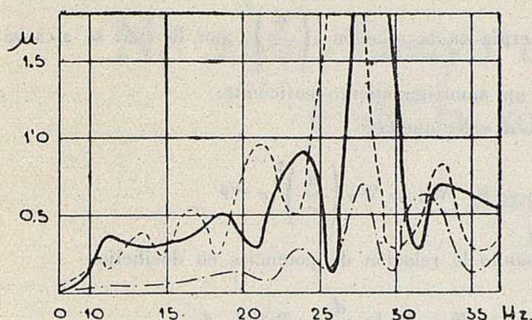
3) FRECUENCIA DE LA OSCILACIÓN.

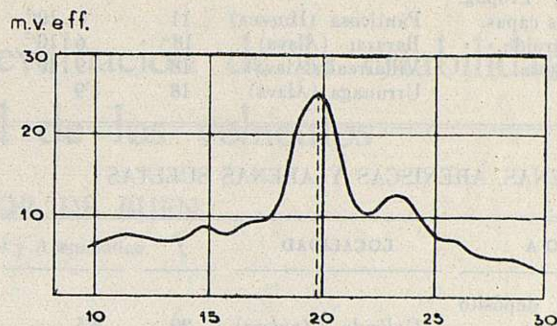
En cuanto a f, se puede variar la frecuencia de la oscilación que se aplique al suelo, y así obtener valores de α para distintas frecuencias. Naturalmente, sólo interesa el valor de f, que corresponde a la resonancia con el suelo, que es el único que se propaga a cierta distancia, ya que los demás se amortiguan mucho más rápidamente.

Sobre este tema pueden consultarse, entre otros, los trabajos del *Institut der Deutschen Forschungsgesell-schaft für Bodenmechanik* (Degebo)», y, concretamente, el Heft 4 *Die Anven dung dynamischer Baugrunduntersuchungen* (2. Bericht). De este trabajo tomamos la curva de la fig. adjunta obtenida midiendo amplitudes a 60 m. del generador de ondas.

Otra análoga es la fig. 2. obtenida en las arcosas de las inmediaciones de Madrid.

Prácticamente, casi todas las causas de vibración no dan oscilaciones senoidales, sino movimientos que, descompuestos en sus ondas elementales, contienen casi siempre en proporción apreciable la frecuencia de resonancia del suelo, que varía entre 10 y 30 Hz casi siempre. Por tanto, mientras las otras ondas se amortiguan rápidamente, ésta se extiende hasta mayores distancias. Resulta en muchos casos la única perceptible a algunas decenas de metros.





En nuestro caso, la frecuencia se ha variado cambiando la velocidad de un motor eléctrico utilizado como generador de oscilaciones con ayuda de un peso desequilibrado.

4) RECONOCIMIENTO PRÁCTICO PARA LA MEDIDA DE α,

Si consideramos la unidad sismógrafo-amplificador-medidor de salida y dos emplazamientos E_0 y E_d a distancia *d*, primero colocaremos el sistema 1 (sismógrafo 1, amplificador y medidor 1) en el emplazamiento E_0, y el 2 en el E_d. Tendremos dos medidas que disignándolas a_1 y a_2, nos darán:

$$a_1 = K_1 W_0 \qquad a_2 = K_2 W_d$$

Cambiando ahora el sistema completo 1 por el 2, obtendremos otras dos medidas b_1 y b_2:

$$b_1 = K_1 W_d \qquad b_2 = K_2 W_0$$

de donde:

$$\frac{W_d}{W_0} = \sqrt{\frac{a_2\, b_1}{a_1\, b_2}}$$

y, por tanto:

$$\alpha = \frac{1}{2d}\, l_n\, \frac{a_2\, b_1}{a_1\, b_2}$$

En la práctica es indispensable no tocar los soportes fijos al suelo en el que se fija el sismógrafo, ya que, de otra manera, cambiarían tal vez las constantes debidas al sistema de empotramiento.

III

RESULTADOS OBTENIDOS EN ESPAÑA

Hasta la fecha, de las muchas medidas hechas con fines de estudio de terrenos para emplazamientos de obras, sólo en 16 casos nos ha sido posible hallar de una forma sistemática el coeficiente de absorción.



Agruparemos los resultados por su naturaleza geológica.

1) GRANITOS.

ROCA	LOCALIDAD	*f*	α
Granito anfibólico	Panticosa (Huesca)	10	$8 \cdot 10^{-2}$
Idem porfídico	Idem	10	$2 \cdot 10^{-2}$
Idem calco-sódico	Moncabril (Zamora)	25	10^{-1}
Idem ácido alcalino	Cáceres	12	$1'5 \cdot 10^{-2}$
Idem, íd. alterado	Idem	10	$4 \cdot 10^{-1}$
Idem normal	Idem	10	$1'2 \cdot 10^{-2}$

Las frecuencias son próximas a la resonancia y en las rocas de Panticosa las medidas se efectuaron en un túnel en roca muy sana y extraordinariamente dura.

2) CALIZAS Y MARGAS.

ROCA	LOCALIDAD	f	α
Caliza margosa y arenosa. Prop. perp. a estratos.	Oropesa (Toledo)	18	$5'1 . 10^{-1}$
Caliza esquistosa. Devonico. Propag. perp. a las capas.	Panticosa (Huesca)	11	$4 . 10^{-1}$
Caliza Sacaroide.	Barazar (Álava)	18	$6 . 10^{-2}$
Caliza margosa.	Villarreal (Álava)	18	$9 . 10^{-1}$
Marga.	Urrunaga (Álava)	18	1'9

3) MORRENAS, ARENISCAS Y ARENAS SUELTAS

ROCA	LOCALIDAD	f	α
Arenas de depósito fluviolacustre.	Galende (Zamora)	20	4'5
Morrenas glaciáricas.	Idem	20	2'1
Arcosas compactas.	Oropesa (Toledo)	25	$5 . 10^{-1}$
Arcosas bastante sueltas.	Vicálvaro (Madrid)	20	$8 . 10^{-1}$
Arenisca eocena	Torla (Huesca)	15	$4'5 . 10^{-1}$
Marga eocena.	Sarvise (Huesca)	10	2'2

4) DIMENSIONES Y SIGNIFICADO DE ESTAS MEDIDAS.

Las dimensiones de α se deduce de la expresión [6], que son simplemente l^{-1} es decir, inversas de longitudes. Para los cuadros anteriores calculados con distancias medidas en metros resultan, por tanto $(\text{metros})^{-1}$.

El significado práctico que tienen estas medidas hechas cerca de la resonancia es que a $\frac{1}{\alpha}$ metros de una fuente de vibración la energía se ha reducido a $\frac{1}{e}$ de la comunicada al suelo y a $\frac{n}{\alpha}$ a $\frac{1}{e^n}$ de ella. Para vibraciones ordinarias la reducción a 1/100 ó a 1/1.000 es suficiente, por lo cual, basta con $\frac{4'6}{\alpha}$ ó $\frac{6'9}{\alpha}$ metros respectivamente si la oscilación se produce en una línea recta indefinida (dispersión 1). si la fuente de vibración actúa sobre una base circular de radio r, la dispersión a distancia d reduce también la energía en la relación $\left(\frac{d}{r}\right)^2$ por lo cual se alcanza mucho antes un amortiguamiento suficiente.

A distancia d sólo queda:

$$W_d = W_o \left(\frac{d}{r}\right)^2 e^{-\alpha d}$$

o bien, expresando la relación de potencias en decibelios

$$db = 20 \lg \frac{d}{r} - 0'434 . d$$

Así, por ejemplo, en una arcosa de Madrid, como la indicada, a 50 m. de una fuente de vibraciones de 1 m. de radio, la atenuación sería:

$$db = - 31'3$$

Pero si se tratase de una calle recorrida por camiones, sólo alcanzará a:

$$db = - 17'3$$

Y si el subsuelo se halla consolidado y afirmada la calle y unida con los edificios con un material comparable a una arenisca dura (hormigón α = 0'1).

$$db = - 2'1$$

Relaciones bastante próximas a las que la experiencia cotidiana indica.

Madrid, 10 de mayo 1950.

GRUPO IX
SECCIÓN ÚNICA

N.º 296. - Ensayo de una evaluación de la estabilidad y de la comodidad de los vehículos

Autor: D. VÍCTOR DE BUEN
Ingeniero Industrial y Aeronáutico

I.—EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD

Los vehículos terrestres pueden estudiarse, en el aspecto mecánico, como sólidos apoyados en cuatro, o más, puntos, sobre un plano y sin ligazones especiales. La *condición estable* de un vehículo vendrá definida por la mayor o menor dificultad para llevarlo por la acción de solicitaciones externas, a la *posición límite de estabilidad,* es decir, hasta aquélla en que un movimiento infinitesimal conduce a la *pérdida de estabilidad,* caracterizada por un movimiento finito que lleva al vehículo a una nueva posición estable diferente de la que debe tener para cumplir las condiciones adecuadas para su desplazamiento normal. Un vehículo será tanto más estable cuanto más difícil sea que las fuerzas que se generan en su movimiento, las que se originan por su contacto con la calzada o con el medio en el que se desplaza, sean capaces de llevarlo a la posición límite de estabilidad.

El movimiento de la masa del vehículo, con el que clásicamente se relaciona el concepto de estabilidad, puede caracterizarse por el de su C. de G., utilizando este desplazamiento para definir su condición estable. A su vez, como todo desplazamiento de un sólido natural implica la presencia de una fuerza, o un par, que al variar de posición producirá un trabajo, también será posible utilizar estos tres conceptos para definir o caracterizar la estabilidad de los vehículos; cuanto mayor sea el valor de estos factores físicos —desplazamiento, fuerza o trabajo—, necesario para conducir al vehículo a su posición de equilibrio inestable, más aceptable podrá decirse que es, con lo cual puede referirse la estabilidad a un determinado valor numérico.

Las acusadas diferencias que existen entre los parámetros característicos de los variados tipos de vehículos terrestres —masas, dimensiones generales, distancias relativas entre elementos diferenciados, momentos de inercia, etc.— hacen que el empleo de los desplazamientos lineales no tenga una gran utilidad para definir su estabilidad, ni tampoco el trabajo necesario para llevarlo a su pérdida. Por esta causa se han orientado los especialistas hacia caracterizar la estabilidad mediante el valor de las fuerzas capaces de producir la pérdida y, en otros casos por el de ciertos desplazamientos angulares, especialmente el de inclinación de la caja con relación al plano de apoyo. Pero, a su vez, son muy diversas las solicitaciones a que puede quedar sometido un vehículo y diferentes sus puntos de aplicación, que tanto pueden considerarse localizados en el C. de G. de la masa suspendida —efectos de inercia— o de alguna de las no suspendidas, como en los apoyos —acciones de la calzada— o en centros de presión si se atiende a la reacción del medio gaseoso en que el vehículo se desplaza. A ello debe unirse el que la magnitud de los esfuerzos o pares perturbadores susceptibles de conducir a la posición de equilibrio estable, varía considerablemente de unos vehículos a otros, y habrá de ser totalmente diferente para una locomotora pesada y para un automóvil ligero. Esto ha conducido a una falta de unidad de criterio en la manera de definir analíticamente la estabilidad de los vehículos, y a que cada investigador haya tendido a caracterizarla por medio del factor físico que más interesaba poner explícito en cada caso particular, con lo cual, los resultados obtenidos en dos casos distintos de solicitaciones, o en dos vehículos de características diferentes, no resultan comparables.

Por otra parte, ese mismo concepto de estudio particular de cada tipo específico de solicitaciones, se ha reflejado, como es lógico, en la consideración aislada de la estabilidad longitudinal y lateral, lo que, en muchas ocasiones, enmascara la realidad del problema y las relaciones mutuas que existen entre uno y otro tipo cartesianos de estabilidad.

Para evitar uno y otro defectos se precisa, ante todo, definir el concepto de la situación estable de los vehículos, partiendo de un criterio totalmente uniforme, sea cual fuere el sistema de solicitaciones a que esté sometido, refiriéndolo, además, siempre al vehículo *completo,* del que puede tomarse como tipo ortodoxo, en los automóviles el de cuatro ruedas, y procurando buscar, para caracterizar la estabilidad, un factor físico tal que, cualquiera que sea el vehículo y los esfuerzos perturbadores que sobre él actúen, la pérdida de estabilidad venga siempre definida por un mismo valor.

Como solución de este problema preconizamos la de caracterizar analíticamente la situación estable de los vehículos, me-

diante el valor de las reacciones en los apoyos. En estas condiciones se emplea siempre un factor físico idéntico —una fuerza— de dirección y sentido perfectamente determinados —normal al plano de apoyo y ascendente— con punto de aplicación —el de tangencia de un apoyo— definido por características dimensionales del propio móvil, y con un valor fijo que define la pérdida de estabilidad que es, precisamente, la anulación de una determinada reacción.

La acción de un sistema de fuerzas exteriores modifica, en efecto, el reparto de las reacciones normales en los apoyos, las que toman valores diferentes de los estáticos, y cuya fórmula analítica puede determinarse, sin excesivas dificultades, en cualquier caso de solicitaciones. Si la acción es de escasa intensidad, los valores de las reacciones R_1, R_2, R_3 y R_4, en los cuatro apoyos, siguen siendo positivas —según el convenio que admitimos para los signos— pero aumentando el valor de la acción perturbadora, puede llegarse a la anulación de una de ellas, por ejemplo la R_2, y, si sigue creciendo, la de otra cualquiera, tal como la R_4 si los apoyos 2 y 4 son consecutivos, el vehículo volcará al anularse la última reacción, girando alrededor del *eje de vuelco* determinado por los apoyos 1 y 3, pudiendo producirse el vuelco tanto en sentido longitudinal como lateral, lo que hace inútil —y aún más, inconveniente— la distinción de las estabilidades de uno y otro carácter, que se engloban en el concepto único de *estabilidad de vuelco*. Existe, por lo tanto, un *eje peligroso*, definido por los apoyos 2 y 4, en el caso supuesto, y una *reacción crítica* en el *apoyo crítico* 4, de mayor valor que la correspondiente al apoyo 2 que con el anterior define el eje peligroso, y cuya anulación —que implica la previa de R_2— conduce a la pérdida de estabilidad y define la posición —mejor situación— límite de estabilidad.

El valor de la reacción crítica cumple, por consiguiente, las condiciones adecuadas, a que antes se hizo referencia, para caracterizar la estabilidad de los vehículos. Cuando un vehículo está sometido a un sistema definido de solicitaciones, el conocimiento de la magnitud de esta reacción crítica, y su mayor o menor alejamiento de su posible anulación, nos definirá claramente si el vehículo está o no lejos de la pérdida de estabilidad, es decir, lo que hemos venido denominando, la *situación estable* del vehículo bajo ese sistema de acciones perturbadoras.

La aplicación de estos conceptos permite llegar a la siguiente definición general de la estabilidad: un vehículo, sometido a un sistema definido de solicitaciones, se encontrará en situación tanto más estable respecto al vuelco, cuanto mayor sea el valor de la reacción normal en el apoyo más cargado —apoyo crítico— del eje peligroso, produciéndose la pérdida de estabilidad en cuanto se anule esta reacción crítica.

El valor de la reacción crítica cuando el vehículo está sometido a un sistema definido de esfuerzos perturbadores, constituye, pues, de por sí, un *índice absoluto de estabilidad*; en algunos casos puede ser útil apelar a *índices ponderados* determinados por la relación por cociente entre el valor de la reacción crítica y el de la estática en el mismo apoyo. Tanto en uno como en otro caso la anulación del índice caracteriza la situación límite de estabilidad, pero el segundo tiene la indudable ventaja de ser independiente de la magnitud de la reacción crítica, expresando por el valor 1 el hecho de que ésta sea igual a la estática, es decir, que no ha sufrido alteración.

Es fácil generalizar la definición anterior de la estabilidad de vuelco al caso, complejo, de la estabilidad de dirección, ya que también ésta depende de las reacciones en los apoyos, si bien tangenciales; sin embargo, se presenta aquí la dificultad de que la pérdida de estabilidad de dirección no se produce cuando se anula la reacción tangencial en el apoyo crítico, sino para valores variables según el caso que se considere. Como el valor límite de la reacción tangencial que lleva a la pérdida de estabilidad puede calcularse para cada tipo de solicitaciones, cabe expresar la condición estable a la dirección por el índice absoluto representado por la diferencia entre el valor de la reacción crítica en el caso que se estudie y el de la reacción límite, o por el ponderado que expresa la relación entre este índice y dicha reacción límite, no pudiendo apelar a la estática que es nula, aunque sí a un valor normal de dicha reacción.

Puede objetarse que la determinación de la condición estable de un vehículo en las condiciones propuestas implica el prefijar los valores de las solicitaciones a que está sometido, ya que la fórmula que nos determina el valor de aquella reacción es función de los parámetros del vehículo y de los esfuerzos perturbadores. Han de tenerse en cuenta, sin embargo, dos cuestiones esenciales: la primera, que en las condiciones generales de marcha de un vehículo completo son varias las fuerzas y pares que actúan y, en consecuencia, siempre es preciso prefijar alguna de ellas; en segundo término, que si bien la determinación del valor de una determinada solicitación, capaz de conducir al vehículo a la pérdida de estabilidad, tiene evidente interés, es preferible, dada la extrema variabilidad de los esfuerzos que cumplen esta condición, estudiar la estabilidad de los vehículos determinando en qué condición estable se encontrará cuando concurran unas prefijadas condiciones de funcionamiento, que es precisamente el camino que se ha seguido.

Los índices de estabilidad tienen un marcado interés para el proyecto de los vehículos, ya que permiten deducir *a priori* la condición estable de los mismos y observar la influencia que ejerce en la estabilidad la posible variación de los parámetros del móvil. Pero, además, la definición uniforme de la condición estable, tal como se propone, permite alcanzar un jalón más de suma importancia: la delimitación de la condición estable mediante un valor ponderal. Es suficiente, en efecto, establecer un determinado valor de la reacción crítica —o de su relación con la estática— como *patrón* de estabilidad de vuelco, y evaluar la condición estable por la relación entre los valores de la reacción crítica y la patrón.

Evidentemente la definición del *patrón* de estabilidad requiere un estudio detenido que reclamaría el acuerdo meditado entre los técnicos del automóvil y los constructores de éstos u otros vehículos. Para poder caracterizar la estabilidad de un vehículo mediante un valor numérico, se precisa definir perfectamente a qué condiciones de funcionamiento ha de referirse el patrón, eligiendo aquéllas que más específicamente delimiten, entre todos los casos de posible marcha del móvil, y con una mayor claridad, el caso que, por el conjunto de condiciones que presente, deba considerarse como típicamente característico; a este estado es-

pecífico de funcionamiento corresponderán unas solicitaciones con respecto a las cuales habrá de determinarse el valor de la reacción crítica y establecer su relación con el patrón. Por otra parte, como las condiciones de funcionamiento exigibles a un vehículo, son muy variables y dependientes de la misión a que éste se destine, se hará necesario establecer una serie de patrones referidos a cada tipo específico de vehículos. Es evidente que si se considera como caso más importante para definir, por ejemplo, la estabilidad de vuelco, el de funcionamiento en curva sin peralte, de radio definido, a determinada velocidad y en condiciones dadas de aceleración, no es lógico exigir —ni aún en fracciones de la estática— un mismo valor para la reacción crítica patrón para vehículos tan diversos como la locomotora, el automóvil pequeño de turismo, el autocar o el tractor; pero no lo es menos que, dentro de un tipo específico, el automóvil, por ejemplo, no sería preciso llegar a una gama excesiva de patrones que reclamara una detallada discriminación de pesos y velocidades.

II.—EVALUACIÓN DE LA COMODIDAD

La evaluación de la comodidad tiene una base más concreta puesto que quien percibe la sensación incómoda producida por el movimiento es el hombre transportado por el vehículo, y a él ha de referirse forzosamente todo intento de definir o caracterizar la comodidad.

En este caso el problema se centra en la discriminación de cuáles son los elementos del movimiento capaces de causar incomodidad, cuestión indudablemente compleja, como todas aquéllas en las que intervienen las sensaciones. Se han barajado diferentes criterios considerándose que las sensaciones incómodas dependen de la aceleración, o la segunda aceleración, y, en los movimientos vibratorios, la frecuencia y aún la amplitud. En un trabajo definí mi criterio personal en este aspecto, llegando a la conclusión de que la incomodidad depende de la aceleración cuando ésta es persistente y de sentido constante —en cuyo caso puede llegar a producir graves efectos fisiopatológicos— y de la segunda aceleración en caso contrario. En los movimientos vibratorios la segunda aceleración depende de la frecuencia de la vibración, fundamentalmente, y de la amplitud en segundo lugar, por lo que uno sólo de estos factores, aisladamente, no puede definir la incomodidad, lo que ha quedado demostrado en las experiencias de la casa Cadillac. El problema de la evaluación de la incomodidad quedará así reducido, de ser exactas las consecuencias deducidas, a la determinación del valor de la aceleración o sobreaceleración a que quedan sometidos los pasajeros de un vehículo cuando éste se encuentra en definidas condiciones de movimiento. No debe olvidarse que en ningún caso ha de suponerse que la sensación incómoda es proporcional a la magnitud de aquellos elementos físicos; la relación entre el excitante y la sensación es un problema todavía no resuelto definitivamente, pese a los esfuerzos de Fechner.

Es de interés hacer resaltar que no resulta conveniente estudiar en forma conjunta los problemas de estabilidad y de comodidad de los vehículos. El primero es un problema dinámico que afecta al vehículo, el segundo uno cinemático que se refiere a los pasajeros.

La evaluación ponderal de la incomodidad es, pues, teóricamente, sencilla, puesto que basta definir qué valores de la aceleración o sobreaceleración deben considerarse como patrón. Lógicamente estos valores debieran ser aquéllos para los cuales el «hombre medio» comienza a percibir una sensación de incomodidad; aquí se presenta la primera dificultad grave, la de definir los *umbrales* de una sensación. Quizás en el caso de las sensaciones de incomodidad cinética el problema es todavía más complejo que en otros casos de sensaciones, debido a que influye la calidad direccional de los excitantes. Hay, en efecto, una *incomodidad de posición* debida a que el hombre está constituído funcionalmente para soportar esfuerzos de determinado sentido y no en otros. El caso de la aceleración de la gravedad es bien patente: pese a su alto valor el ser humano la soporta perfectamente cuando actúa en el sentido de la cabeza a los pies, pero muy mal si lo hace en otra dirección, como lo comprueba la evidente incomodidad de colocarse cabeza abajo. La intervención de la totalidad de los órganos, a los que afectan las fuerzas de inercia, y de funciones tan delicadas como las de equilibración vestibular, aumentan la complejidad del problema.

Sería por ello de gran interés la realización de experiencias sistemáticas que permitieran definir, con suficiente aproximación, los umbrales de las sensaciones incómodas producidas, tanto por la aceleración como la sobreaceleración primera, y por lo menos en cuatro direcciones fundamentales: la del eje del cuerpo, en ambos sentidos, la frontal y la lateral. A falta de estos datos y como aproximación inicial pueden considerarse como patrones de comodidad el valor de la aceleración de la gravedad, para las aceleraciones, y el de la primera aceleración del paso humano, para las sobreaceleraciones, que puede evaluarse en primera aproximación en 16 m. seg^{-3}; el hombre está constituído para soportar una y otra sin molestia.

La determinación de las características del movimiento de un punto cualquiera de un vehículo, es problema resuelto analíticamente con las obligadas simplificaciones exigidas para la aplicación de las herramientas de cálculo matemático. Es posible, por tanto, determinar el valor de las aceleraciones y sobreaceleraciones a que queda sometido un pasajero, obteniéndose con ello unos *índices de incomodidad*, que definen la influencia de los parámetros del vehículo y de las solicitaciones a que está sometido, en la presencia de sensaciones incómodas. Su relación con el umbral correspondiente evalúa ponderalmente la incomodidad, y permite definir, tanto en los proyectos como en la experimentación, las características del vehículo en este aspecto, permitiendo asimismo observar la influencia que ejercería la modificación de algunos de los parámetros del móvil. En este sentido no puede olvidarse la incompatibilidad que frecuentemente se presenta entre lo estable y lo cómodo.

III.—*CONCLUSIONES*

1.º Resulta posible caracterizar la situación estable de los vehículos terrestres, con respecto al vuelco, de una manera general y uniforme, mediante el valor que toma la reacción normal en el apoyo crítico, es decir, aquél en que, si la reacción que sobre él grava se anula, se produce el vuelco del vehículo. El

valor de estas reacciones críticas define, por lo tanto, un índice relativo, ponderado, considerando la relación entre el absoluto y el valor de la reacción estática en el apoyo crítico.

2.º La consideración anterior permite llegar a la evaluación ponderal de la estabilidad de vuelco, considerando un determinado valor de aquellos índices como patrón de comparación.

3.º Puede generalizarse la anterior definición de la situación estable, al caso de la estabilidad de dirección.

4.º Dependiendo las sensaciones incómodas producidas por el movimiento, de la aceleración o sobreaceleración primera, del mismo, es también posible definir analíticamente —como ya lo hizo Lemaire— unos índices de incomodidad, y, si se fija un patrón de comparación, evaluarla ponderalmente.

5.º Sería de gran interés que, con la cooperación de los ingenieros especializados y de los constructores de vehículos, se definieran los patrones de estabilidad y, con la cooperación de los médicos, los valores umbrales de las sensaciones incómodas, que permitieran establecer los patrones de las mismas.

6.º La utilidad de evaluar ponderalmente la estabilidad y comodidad de los vehículos, y de obtener fórmulas analíticas que la caractericen, es evidente. No sólo resulta de importancia marcada para los proyectos de aquéllos, sino que permitiría dar a conocer a los técnicos, e incluso a los compradores, las condiciones de estabilidad y comodidad de los vehículos que se encuentran en el mercado y de los especiales construídos con fines particulares.

Barcelona, mayo 1950

GRUPO IX
SECCIÓN ÚNICA

N.º 230. - La catenaria en el transporte aéreo

Autores: D. ANTONIO CARMELO MONZÓN y D. FERNANDO PEÑA SERRANO

Ingenieros de Montes

PREFACIO

Entre la literatura que conocemos acerca de la catenaria, considerada como elemento principal en el transporte aéreo funicular, no vemos resueltos de modo conveniente los problemas que en cuanto a forma de la curva y esfuerzos a que está sometida se presentan.

Generalmente se reúnen en los trabajos dos conjuntos de elementos que, a nuestro juicio, deberían separarse convenientemente.

Se refiere el primero a cuanto se relaciona con la catenaria en sí, como figura geométrica y como elemento sometido a tracciones variables que definen en consecuencia la forma que en las diversas hipótesis de carga, longitud..., etc., toma la curva, definiéndola y situándola exactamente.

El segundo grupo hace referencia de modo principal a los elementos de sustentación del hilo, al material móvil necesario para el transporte o a la estructura del hilo, etc.

Este segundo grupo está, como es lógico, sujeto a las variaciones que lleva consigo el progreso en la fabricación de tales elementos, y en cada momento puede conocerse el detalle y estado de aquéllos, prescindiendo el proyectista de un estudio que le dan hecho los afanes de cuantos se dedican a la fabricación especial de este género de dispositivos.

El primer grupo, como sujeto a normas inmutables, no se somete al progreso humano y es, por lo tanto, fundamental su conocimiento para fijar firmemente las ideas sobre el transporte aéreo funicular.

A este primer grupo dedicamos las páginas que siguen, prescindiendo de procedimientos gráficos en la resolución de sus problemas, porque entendemos que la exactitud de tales procedimientos es en nuestro caso escasa y tienen el inconveniente de poner en manos del proyectista elementos prefabricados, aislándole de la continua visión del fenómeno, al que limitan escasamente.

I

PRELIMINARES

LA CATENARIA, COMO POLÍGONO FUNICULAR DE UN SISTEMA DE CARGAS VERTICALES

Si entre dos puntos A y B tendemos un hilo perfectamente flexible e inextensible, tendremos situado entre aquéllos un sistema de fuerzas verticales correspondientes al peso de los elementos que forman el hilo.

La figura de equilibrio del hilo corresponderá a la del polígono funicular del sistema de fuerzas considerado.

Si llamamos p al peso de la unidad de longitud del hilo, las ecuaciones generales de equilibrio, puesto que se trata de una

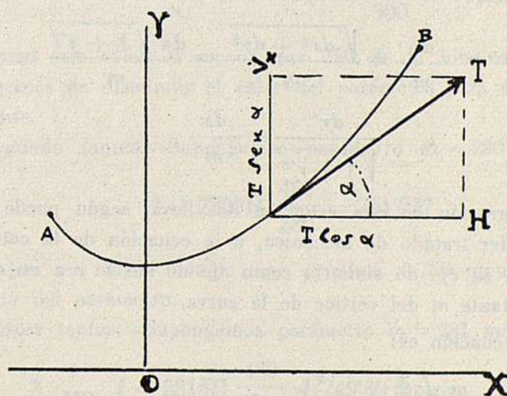


Fig. 1

figura plana y tomamos en su plano los ejes coordenados, se reducirá, para el elemento de longitud de hilo, a las siguientes:

Llamando α el ángulo que la tangente al elemento considerado

forma con el eje de las X, T la tensión del hilo y s la longitud de éste, y teniendo en cuenta que: $X = o$; $Y = -p$

$$\frac{d\,(T \cos \alpha)}{ds} = o \qquad \frac{d\,(T \operatorname{sen} \alpha)}{ds} = p$$

Este valor de p es positivo, por tratarse de una reacción opuesta a la acción -p.

La primera de las anteriores ecuaciones nos dice que $T \cos \alpha$ es constante. Si el cociente de esta constante por la constante p lo designamos por m, podremos escribir:

$$T \cos \alpha = mp = \text{constante} = H \qquad (1)$$

Para determinar la ecuación de la curva funicular en el caso general de distribución de las cargas verticales según una ley cualquiera, recordaremos que:

$$T \operatorname{sen} \alpha = V_x = \int_o^x c_x \, dx$$

c_x es la carga unitaria vertical variable según su situación a lo largo de la luz del vano, considerada esta variación según la horizontal y con arreglo, en cada caso, a la ley de distribución que se haya adoptado.

Sabemos que $\dfrac{dy}{dx} = \operatorname{Tag} \alpha = \dfrac{V_x}{H}$ y poniendo en lugar de V_x el valor que acabamos de obtener, será:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{\int_o^x c_x \, dx}{H} \; ; \qquad \frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{c_x \, dx}{H} \; ; \qquad (2)$$

CATENARIA

Si del caso general considerado pasamos al particular del hilo flexible e inextensible sometido a su solo peso, el peso elemental $c_x dx$ estará representado por $p.ds$, y así:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{pds}{H} = \frac{pds}{mp} = \frac{ds}{m} \; ; \qquad y' = \frac{dy}{dx}$$

$$dy' = \frac{ds}{m} = \frac{\sqrt{dx^2 + dy^2}}{m} = \frac{dx\sqrt{1 + y'^2}}{m} \; ;$$

$$\frac{dy'}{\sqrt{1 + y'^2}} = \frac{dx}{m} .$$

La integración de esta ecuación nos lleva, según puede verse en cualquier tratado de mecánica, a la ecuación de la catenaria referida a su eje de simetría como eje de las Y y a un eje de las X distante m del vértice de la curva.

Dicha ecuación es:

$$y = \frac{m}{2}\left(e^{\frac{x}{m}} + e^{-\frac{x}{m}}\right) \quad (3) \quad ; \quad y = m \, \mathrm{CH} \, \frac{x}{m}$$

La ecuación que da la longitud de un arco de catenaria contado a partir del vértice, es:

$$s = \frac{m}{2}\left(e^{\frac{x}{m}} - e^{-\frac{x}{m}}\right) \quad (4) \quad ; \quad s = m \, \mathrm{SH} \, \frac{x}{m}$$

SOLUCIÓN APROXIMADA POR UNA PARÁBOLA

Si consideramos un arco de catenaria de flecha suficientemente pequeña para que podamos con alguna aproximación tomar la cuerda como representando el arco de parábola, a los efectos de distribución del peso propio, única carga que soporta el hilo, tendremos que el valor c_x (peso unitario según la horizontal) será constante y lo llamaremos P, valor que será el cociente de dividir el peso del hilo por la luz del tramo.

En la ecuación (2) se hará la substitución de c_x por P, y tendremos:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{P}{H} dx \; ; \qquad \frac{dy}{dx} = \frac{P}{H} x \; ; \qquad y = \frac{Px^2}{2H} \; ; \qquad (5)$$

$$\text{Parámetro} = \frac{H}{P}$$

La longitud del arco de parábola OA será según fórmula conocida:

$$S = AB + \frac{H}{2P} L \cot \frac{t}{2} \qquad \text{(Hütte I. Pág. 109.)} \qquad (6)$$

Si en lo dicho anteriormente hacemos que la línea funicular gire 180° en su plano, o sea, que se invierta de abajo-arriba sin cambiar la intensidad ni la situación de las fuerzas que actúan, tendremos el funicular de dichas fuerzas capaz de resistir por simple compresión, a modo de bóveda, las reacciones originadas por las fuerzas exteriores, cuyas reacciones serán en cada punto iguales y opuestas a las tensiones obtenidas antes de hacer girar la línea funicular.

Propiedades de la catenaria.

Tensión = mp = producto del parámetro por el peso de la unidad lineal de hilo. Esta tensión se refiere al vértice.

Tensión en un punto cualquiera.

Tensión = yp = producto de la ordenada por el peso de la unidad lineal de hilo.

Componente horizontal de la tensión.

Componente = mp = producto del parámetro por el peso de la unidad lineal de hilo.

Componente vertical de la tensión.

Componente = lp = peso del hilo comprendido entre el vértice y el punto considerado.

Tangente del ángulo que la tangente en un punto forma con la horizontal.

Tangente = $\dfrac{1}{m}$ longitud del vértice al punto dividida por el parámetro.

Ordenada.

Ordenada = $\sqrt{m^2 + 1^2}$ = raíz cuadrada de la suma de los cuadrados del parámetro y de la porción correspondiente del hilo.

Coseno del ángulo de la tangente con la horizontal.

Coseno $= \frac{m}{y} = \cos \alpha =$ cociente del parámetro por la ordenada.

Seno del mismo ángulo.

Seno $\alpha = \frac{s}{y}$ cociente de la longitud del arco correspondiente por la ordenada.

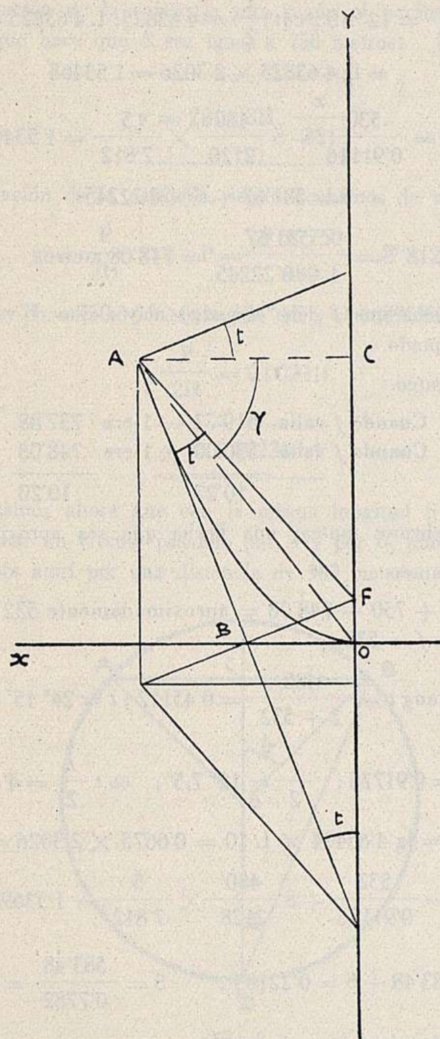


Fig. 2

Radio de curvatura.

$$e = \frac{y^2}{m} = \frac{m^2}{m \cos^2 \alpha} = \frac{m}{\cos^2 \alpha}$$

Longitud del arco.

$$s = m\text{SH}\frac{x}{m}$$

Area del segmento.

Area $= ms =$ producto del parámetro por la longitud del arco.

CATENARIA, PARÁBOLA, CIRCUNFERENCIA

Anteriormente nos hemos referido a una curva parabólica que puede en determinadas condiciones aproximarse en su forma y dimensiones a la catenaria, como forma ésta que toma el hilo tendido entre dos puntos y fijo invariablemente a éstos, cuya posición consideramos asimismo invariable.

Como resultado de substituir la catenaria por una parábola, se comete, naturalmente, un error, y éste, que vamos a determinar a continuación, la referiremos a los valores que para la flecha de un mismo vano se obtiene, según se considere que el hilo adopte una u otra de las formas definidas por las ecuaciones (3) ó (5) correspondientes, respectivamente, a la catenaria y a una parábola.

Supongamos para fijar las ideas y, sobre todo, para familiarizarse con la forma de la curva, que los puntos A y B están al mismo nivel, aunque el razonamiento es perfectamente general, y supongamos que se nos da la longitud s del hilo que ha de tenderse entre A y B.

Llamaremos h' a la distancia horizontal que separa los dos puntos y que supondremos en este caso sea de 960 metros, y fijaremos, asimismo, en 5 kgs. el peso del metro lineal de hilo, y para la longitud de éste 1.500 metros.

Al tender el hilo tomará forma de catenaria, y como ya sabemos, la longitud del arco de catenaria contado a partir del vértice de la curva, vendrá dada por la expresión (4).

Para buscar la flecha que tomará la catenaria de longitud 1.500 metros, habremos de buscar primero el valor del parámetro de aquélla, y para esto procederemos por tanteos mediante el uso de las tablas de líneas hiperbólicas que permiten en todo caso llegar a aproximación tan grande como se quiera, al contrario de lo que ocurre con los procedimientos gráficos.

Los tanteos se harán del modo siguiente:

Primer tanteo.—Supongamos el parámetro $m = 300$ mts.

La longitud del arco comprendido entre el vértice y uno de los puntos de sustentación será:

$$l = m\text{SH}\frac{x}{m}; \quad l = 300\text{SH}\frac{480}{300} = 712'671$$

y como este valor es menor que 750 de la longitud del arco, habremos de disminuir el valor del parámetro para el tanteo siguiente.

Segundo tanteo.—Supongamos parámetro $m = 280$ mts.

$$l = 280\text{SH}\frac{480}{280} = 751'937$$

que por ser mayor aunque muy próximo a 750 requiere un aumento del parámetro.

Tercer tanteo.—Supongamos parámetro $m = 281$ metros.

$$l = 281\text{SH}\frac{480}{281} = 749'80 \text{ metros.}$$

No queremos seguir aproximando más y podemos decir, sin error sensible, que $m = 281$ metros es el parámetro correspondiente a una catenaria cuya longitud es 1.500 metros, y la separación de los puntos de suspensión situados al mismo nivel, es de 960 metros.

Para determinar ahora la flecha correspondiente al punto más bajo de esta catenaria, consideramos que la flecha es:

$$f = m\mathrm{CH}\,\frac{x}{m} - m\ ;$$

en la cual $m = 281$ metros y $x = 480$ metros.

$$f = 281\mathrm{CH}\,\frac{480}{281} - 281 = 519'729 \text{ metros.}$$

El valor de la flecha buscada será, pues, $f = 519{,}729$ metros.

Veamos ahora cuál es la flecha que tomará una parábola cuya ecuación sea la (5) para tener una longitud de 750 metros en cada una de sus mitades. Véase fig. II.

$$\mathrm{S} = \mathrm{AB} + \frac{\mathrm{H}}{2\,\mathrm{P}}\,\mathrm{L}\cot\frac{t}{2}\ ;$$

Sabemos que $\mathrm{AB} = \dfrac{\mathrm{OC}}{\cos t}$ =; y de la descomposición del peso de la semiparábola en una horizontal y en una paralela a la tangente en A tendremos: $\mathrm{H} = Sp \tan t$; luego,

$$\mathrm{S} = \frac{\mathrm{OC}}{\cos t} + \mathrm{S}p\,\mathrm{tang}\,t\,\frac{1}{2\mathrm{P}}\,\mathrm{L}\cot\frac{t}{2}\ ;$$

$$\mathrm{S} = \frac{\mathrm{OC}}{\cos t} + \frac{\mathrm{S}p}{2\mathrm{P}}\,\mathrm{tang}\,t\,\mathrm{L}\cot\frac{t}{2}\ ;$$

como

$$\mathrm{tang}\,t = \frac{\mathrm{AC}}{2f}\ ;\quad \mathrm{S} = \frac{\mathrm{OC}}{\cos t} + \frac{\mathrm{S}p\mathrm{AC}}{2\mathrm{P}2f}\,\mathrm{L}\cot\frac{t}{2}\ ;$$

siendo f la abscisa, con relación al vértice del punto de tangencia.

$$\mathrm{S} = \frac{f}{\cos t} + \frac{\mathrm{S.AC.}p}{4f.\mathrm{P}}\,\mathrm{L}\cot\frac{t}{2}\ ;$$

Primer tanteo.

Si como primera aproximación tomamos $f = \mathrm{OC}$, o sea suponemos que la flecha de la catenaria es la misma de la parábola $f = 519{,}73$, obtendremos un valor para s como sigue:

Tengamos presente que:

$$\mathrm{tang}\,t\,\frac{480}{2 \times 519{,}73} = 0'46178$$

$$t = 24^\circ\ 45' \text{ aproximadamente.}$$

$$\cos t = 0'90814;\quad \cos t\,\frac{t}{2} = \cot 12^\circ\ 22' = 4'56923$$

$$\mathrm{L}.4'56923 = \lg 4.56923 \times \mathrm{L}10 = 0'6599 \times 2{,}3026 = 1.51966;$$

luego:

$$\mathrm{S} = \frac{519'73}{0'90814} + \mathrm{S}\,\frac{480 \times 5}{7'812 \times 4 \times 519'73} \times 1{,}51966 =$$

$$= 572{,}30 + \mathrm{S} \times 0{,}2244$$

$$\mathrm{S} = 572'30\,\frac{1}{1 - 0'2244} = 737'88 \text{ metros}$$

este valor, siendo menor que 750, nos dice que la parábola tendrá una flecha mayor si ha de tener una semilongitud de 750 metros.

Segundo tanteo.

Tomemos $f = 530$; obtengamos: $\mathrm{tang}\,t$; $\cos t$; $\cot\dfrac{t}{2}$;

$$\mathrm{tang}\,t = \frac{480}{2 \times 530} = 0'45283;\ t = 24^\circ\ 20';\ \cos t = 0'91116$$

$$\frac{t}{2} = 12^\circ\ 10';\ \cot\frac{t}{2} = 4'63825;\ \mathrm{L}\,4'63825 =$$

$$= \lg 4'63825 \times 2'3026 = 1'53468$$

$$\mathrm{S} = \frac{530}{0'91116} + \mathrm{S}\,\frac{480}{2120} \times \frac{5}{7'812} = 1'53468$$

$$\mathrm{S} = 581'67 + \mathrm{S} \times 0'22245$$

$$\mathrm{S} = \frac{581'67}{1 - 0'22245} = 748'08 \text{ metros}$$

lo cual prueba que f debe ser algo mayor que el valor de 530 metros adoptado.

Tercer tanteo.

Cuando f valía	519'73	1 era	737'88
Cuando f valía	530'00	1 era	748'08
	10'27		10'20

Luego debemos tantear una flecha que sea aproximadamente.

Cuarto tanteo.

$f = 530 + 750 - 748'08$ = aproximadamente 532 metros.

Hagamos $f = 532$;

$$\mathrm{tang}\,t = \frac{480}{2 + 532} = 0'45112\ ;\ t = 24^\circ\ 15'\ ;$$

$$\cos t = 0'91776\ ;\quad \frac{t}{2} = 12^\circ\ 7{,}5'\ ;\quad \mathrm{co}\,t\,\frac{t}{2} = 4'65484\ ;$$

$$\mathrm{L}\,4'65484 = \lg 4'65484 \times \mathrm{L}\,10 = 0'6675 \times 2'3026 = 1'53698\ ;$$

$$\mathrm{S} = \frac{532}{0'91176} + \mathrm{S}\,\frac{480}{2128} \times \frac{5}{7'812} = 1'53698\ ;$$

$$\mathrm{S} = 583'48 + \mathrm{S} = 0'22185\ ;\qquad \mathrm{S} = \frac{583'48}{0'7782} = 749'78$$

y como la longitud buscada es 750 metros, podemos admitir como flecha 532 metros, sin que nada impida que aproximásemos hasta el límite que creyésemos conveniente.

Así, pues, en resumen, vemos que si entre dos puntos A y B que disten horizontalmente 960 metros se tiende un hilo flexible e inextensible cuya longitud sea de 1.500 metros, tomará una flecha en el centro cuyo valor será 519,73 metros.

Si substituímos a la catenaria por una parábola, suponiendo que el peso total del hilo esté repartido uniformemente en la luz de 960 metros en lugar de estarlo según la curva, obtendremos una parábola cuya flecha máxima en el centro del vano es de 532 metros.

Hay, pues, una diferencia de 532 — 519,73 = 12,27 metros de más para la parábola con relación a la catenaria.

Si bien algunas veces se recomienda substituir la catenaria por la parábola; ejemplos como el que acabamos de exponer muestran los errores realmente grandes a que puede llegarse con aquella substitución.

Así, pues, y por lo que se refiere al hilo sin más carga que su propio peso, la parábola produce flechas que pueden hacernos desistir como solución poco conveniente del trazado de vanos, que realmente son posibles, o inducirnos a aumentar exageradamente la altura de los apoyos de dichos vanos, o a suponer en el hilo tensiones que no son las que en realidad se producen.

La ecuación de la catenaria será según el parámetro $m = 281$ metros, que hace que S sea igual a 750 metros:

$$y = 281 \,.\, \mathrm{CH.}\, \frac{x}{281}$$

La ecuación de la parábola, según acabamos de ver, será:

$$y = \frac{P}{2H}\, x^2 \,; \quad P = \frac{5 \times 750}{480} = 7'8125$$

$$H = 750 \times 5 \times \mathrm{tang}\, 24^\circ\, 15' \,; = 1689'262 \,;$$

$$\frac{P}{2H} = 0'00231$$

$$y = 0'00231\, x^2$$

Supongamos ahora que con la misma longitud S = 1.500 queremos trazar un círculo pasando por A y por B, puntos separados como hasta aquí por una distancia de 960 metros.

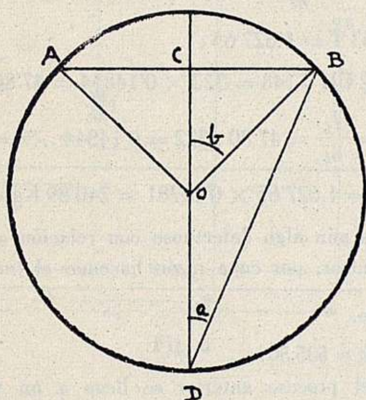


Fig. 3

Primer tanteo.

Elijamos CD = 470 metros.

$$\mathrm{tang}\, a = \frac{CB}{CD} = \frac{480}{470} = 1'02127 \,; \quad a = 45^\circ\, 35' \,; \quad b = 91^\circ\, 10' \,;$$

$$\mathrm{Radio} = OB = CB : \mathrm{sen}\, b = \frac{480}{\mathrm{sen}\, 91^\circ\, 10'} = \frac{480}{0'99979} = 480'1 \,;$$

Longitud de la cuerda $= 2R$ sen $b = 960'2 \times 0'99979 =$ $=$ *960 metros*.

Luego la flecha es para el caso de la circunferencia 470 metros, siendo el radio 480,10.

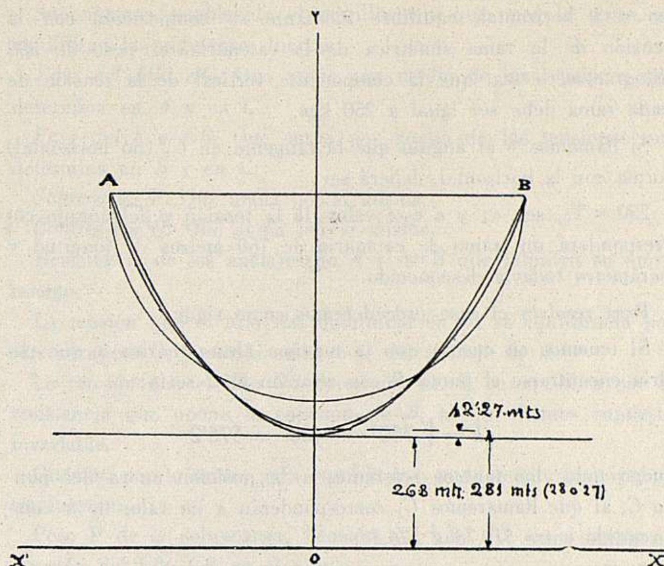


Fig. 4

Así, pues, el arco de círculo da una flecha notablemente menor que la correspondiente a la catenaria, y la parábola exagerada flecha, con lo cual parece que el vano puede tocar en puntos del terreno que en realidad quedan por debajo de él.

Al invertir la figura que contiene el trazado de las tres curvas obtendríamos los funiculares de las cargas uniformemente repartidas sobre la cuerda, para la parábola; de las cargas uniformemente repartidas según la longitud del hilo, para la catenaria; de las cargas crecientes según una ley sinusoidal desde el centro de la luz hasta sus extremos, para el arco de círculo.

CARGA EN LA MITAD DEL VANO

Longitud total de la catenaria, 7.500 mts. 1 = 750.

A — B = 960 mts.

C — o = 281 »

Y — C = 519'73 mts.

p = 5 kgs.

$T_C = 281 \times 5 = 1405$ kgs.

$T_B = T_A = (281 + 519'73) \,.\, 5 = 4003'65$ kgs.

Supongamos en C un peso adicional de 500 kgs. El punto C descenderá hasta que la tensión en la nueva posición C_1 que ya

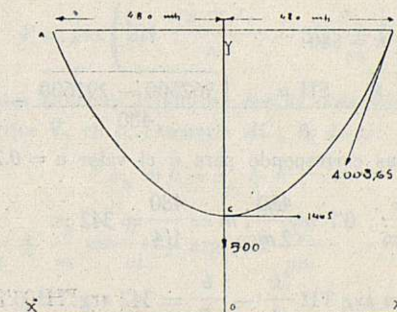


Fig. 5

no será horizontal, equilibre mediante su composición con la tensión de la rama simétrica de la catenaria, el peso de 500 kilogramos, o sea, que la componente vertical de la tensión de cada rama debe ser igual a 250 kgs.

Si llamamos α al ángulo que la tangente en C_1 (no horizontal) forma con la horizontal, deberá ser:

$250 = T_{c_1}$ sen α; y a este valor de la tensión y del ángulo corresponderá un tramo de catenaria de 750 metros de longitud y parámetro todavía desconocido.

Para resolver el caso procederemos como sigue:

Si tenemos en cuenta que la máxima altura teórica a que podría encontrarse el punto B con relación al C sería:

$$k = \sqrt{750^2 - 480^2} = 576'2$$

luego todos los tanteos referentes a la posición nueva del punto C, al que llamaremos C_1 corresponderán a un valor de k comprendido entre *519,73 y 576,2*.

Si llamamos: h, separación horizontal entre los puntos; k, desnivel entre los mismos; l, longitud de la curva; $u = \dfrac{h}{2m}$.

1.º Supongamos como primer tanteo, $k = 550$ y determinemos seguidamente los siguientes valores (Peña, II tomo, págs. 257 y 258):

a). $\dfrac{\sqrt{1^2 - k^2}}{h} = \text{SH}\, u : u$

que nos dará el valor de u mediante los valores del seno hiperbólico y de su argumento cuyo cociente acabamos de expresar.

b). $u = \dfrac{h}{2m}$ que nos dará m.

c). $x_a = m \arg \text{TH} \dfrac{k}{1} - \dfrac{h}{2}$;

d). $y_a = m\, \text{CH} \dfrac{x_a}{m}$ de donde deduciremos $T = y_a \cdot p$;

e). $l_1 = m\, \text{SH} \dfrac{x_a}{m}$;

f). tg $\alpha = \dfrac{l_1}{m}$ que nos dará el valor de α;

g). La componente T sen α deberá ser igual a 250 kgs.

Primer tanteo.

Supongamos $k = 540$:

a). $\dfrac{\sqrt{1^2 - k^2}}{b} = \dfrac{\text{SH}\, u}{u} = \dfrac{\sqrt{562500 - 291600}}{480} = 1,0833$

según las tablas corresponde para u el valor $u = 0,7$.

b). $u = \dfrac{b}{2m}$; $0'7 = \dfrac{480}{2m}$; $m = \dfrac{480}{1'4} = 342$;

c). $x_a = m \arg \text{TH} \dfrac{k}{l} - \dfrac{b}{2} = 342 \arg \text{TH}\, 0'72 - 240 =$
$= 342 \times 0'908 - 240 = 70'53$;

d). $y_a = m\, \text{CH} \dfrac{x_a}{m} = 342\, \text{CH}\, 0'20622 = 342 \times 1'02129 =$
$= 349'28$; $T = 1.746'40$;

e). $l_1 = m\, \text{SH} \dfrac{x_a}{m} = 342\, \text{SH}\, 0'20622 = 342 \times 0'20746 =$
$= 70'95$;

f). tang $\alpha = \dfrac{l_1}{m} = 70'95 : 342 = 0'2074$; $\alpha = 11^\circ 40'$;

g). T sen $\alpha = 1.746'40 \times$ sen $11^\circ 40' = 1.746'40 \times 0'20222 =$
$= 353$;

Como este valor es grande, puesto que la solución consiste en buscar un resultado igual a 250, efectuaremos un segundo tanteo.

Segundo tanteo.

Hagamos $k = 535$:

a). $\dfrac{\sqrt{l^2 - k^2}}{h} = 1'0958$,

que según las tablas corresponde a un valor de $u = 0,745$.

b). $u = \dfrac{h}{2m}$; $m = 322$;

c). $x_a = m \arg \text{TH} \dfrac{k}{1} - \dfrac{h}{2} = 322 \times \arg \text{TH}\, 0'71333 -$
$- 240 = 322 \times 0'894 - 240 = 47'86$;

d). $y_a = m\, \text{CH} \dfrac{x_a}{m} = 322\, \text{CH}\, 0'148 = 322 \times 1'01097 =$
$= 325'53$ $T = 1.627'65$;

e). $l_1 = 322\, \text{CH}\, 0'148 = 322 \times 0'14854 = 47'80$;

f). tang $\alpha = \dfrac{l_1}{m} = 47'80 : 322 = 0'14844$; $\alpha = 8^\circ 30'$

g). T sen $\alpha = 1.627'65 \times 0'14781 = 240'89$ Kgs.

Este valor es aún algo defectuoso con relación al 250 que pretendemos encontrar, por cuya razón hacemos el tercer tanteo.

Tercer tanteo.

Suponemos $k = 535,50$:

Repitiendo el proceso anterior se llega a un valor de α = a 8º 50′, al que corresponde un valor de T sen α = a 252,72 kgs., que aceptamos por no ser más prolijos, como suficientemente aproximado, de manera que el descenso del punto C para llegar a la posición de equilibrio C_1 es de 535,50 — 519,73 = 15,77 metros.

Nota.—En el ejemplo que acabamos de desarrollar no es extraño que se hubiesen necesitado mayor número de tanteos para llegar a la cifra 15,77 metros, suficientemente aproximada, aproximación que puede aumentarse mediante un nuevo tanteo.

Nótese que para hacer más visible el fenómeno de la variación de la flecha con la carga, hemos tomado una catenaria con una flecha exagerada extraordinariamente respecto a las que se emplean en el transporte aéreo funicular, y esto hace que sean producidas variaciones sensibles en la flecha para variaciones no grandes de la carga, lo cual multiplica los tanteos.

En la práctica, las variaciones de flecha permiten llegar a soluciones mucho más aproximadas con menor número de tanteos,

pues una vez obtenido el primer valor de la flecha, puede suponerse a los efectos de elegir dato para el segundo tanteo, que hay proporcionalidad entre las flechas y las carga que las producen, con lo cual generalmente con tres tanteos se llega a una solución muy aproximada.

II

VANO CON CONTRAPESO. DETERMINACIÓN ANALÍTICA DE LA POSICIÓN QUE ADOPTA LA CARGA UNIDA DE MODO INVARIABLE A UN PUNTO DEL HILO (CARGA FIJA)

Al intentar una primera solución del caso vamos a referirnos a un procedimiento que podríamos llamar algébrico por contraposición al estudio que por procedimiento distinto haremos de este mismo caso en otro lugar de este libro.

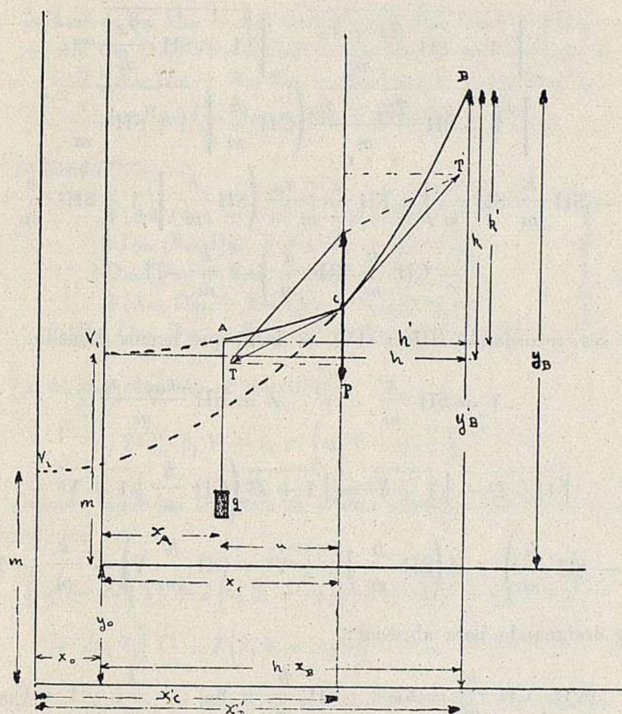


Fig. 6

Entre los puntos A y B fijos suponemos tendido un hilo en las condiciones de flexibilidad e inextensibilidad deseadas, haciendo que este hilo esté sometido en A a la tracción de un contrapeso.

Supongamos conocidos:

h' = distancia horizontal entre A y B.

k' = distancia vertical entre A y B.

p = peso por metro lineal de hilo.

Q = peso del contrapeso.

P = valor de la sobrecarga ligada.

m = parámetro correspondiente a las catenarias que se cortan en C, que será el mismo para las dos, puesto que hay equilibrio entre las componentes horizontales de las tensiones en C, lo cual quiere decir que son iguales los parámetros de las dos catenarias y, por lo tanto, las catenarias mismas, aunque consideradas, naturalmente, en distintos tramos.

Supongamos establecido el equilibrio y que, por lo tanto, se equilibran las siguientes fuerzas:

Peso del hilo AC. Que actúa por medio de las tensiones que determina en A y en C.

Peso del hilo CB. Que actúa por medio de las tensiones que determina en B y en C.

Sobrecarga P. Que actúa por sí misma.

Contrapeso Q. Que actúa por sí mismo.

Resistencia de los anclajes de A y de B que impiden su movimiento.

La tensión que el hilo AC determina en A, es equilibrada por el contrapeso Q, y por la resistencia del anclaje de A.

La tensión que el hilo CB determina en B, se equilibra por la resistencia que opone la sujeción de B, al que hemos supuesto invariable.

Quedan, por lo tanto, para equilibrarse mutuamente las siguientes fuerzas:

Peso P de la sobrecarga. Tensión del hilo AC en el punto C. Tensión del hilo CB en el punto C.

Cada una de las tensiones T y T' podemos descomponerla en sus componentes horizontales y verticales; ahora bien, una vez establecido el equilibrio, los componentes horizontales habrán de ser iguales, lo cual equivale a decir que las dos catenarias AC y CB tienen el mismo parámetro, si bien sus ordenadas en C son diferentes.

El peso P será en último término equilibrado por la resultante de los componentes verticales de las tensiones en C, que se sumarán o restarán según la posición relativa de las dos ramas de catenaria AC y CB.

Ahora bien, la componente vertical de la tensión T, no es otra cosa que el peso de la porción V_1C de hilo comprendida entre V_1 y C, pues el peso de esa porción de hilo que llamaremos S_{V_1C} será equilibrado por las tensiones de A y C; y como la tensión en V no tiene componente vertical por ser puramente horizontal, habrá de equilibrarse con la componente horizontal de la tensión T en C, y quedarán para equilibrarse el peso del hilo V_1C y la componente vertical de la tensión en C por la rama V_1C.

Lo mismo diremos que la componente vertical de la tensión T' en C por la rama CB es el peso de la porción V_2C del hilo.

Así, pues, P = peso de V_2C — peso de V_1C =

$$= \mathrm{SH}\,\frac{x'_c}{m}\,pm - \mathrm{SH}\,\frac{x_c}{m}\,pm = pm\left(\mathrm{SH}\,\frac{x_0 + x_c}{m} - \mathrm{SH}\,\frac{x_c}{m}\right);$$

es decir:

$$\mathrm{P} = pm\left(\mathrm{SH}\,\frac{x_0 + x_c}{m} - \mathrm{SH}\,\frac{x_c}{m}\right)$$

Con los datos hallemos la abscisa h y la ordenada k de B, respecto del vértice V_1 en la catenaria AC; es decir:

$$x_B = h = x_A + h';$$

$$\frac{h}{m} = \frac{h'}{m} + \frac{x_A}{m} = \frac{h'}{m} + \text{arg. CH}\,\frac{\mathrm{Q}}{pm}; \quad y_B = k' + y_A;$$

$$\frac{k}{m} + l = \frac{k'}{m} + \frac{y_A}{m} = \frac{k'}{m} + \frac{2}{pm};$$

se tendrá:

$$\frac{y_B + y_0}{m} = CH\,\frac{x_B + x_0}{m}\ ; \quad \frac{y_0 + k + m}{m} = CH\,\frac{x_0 + h}{m}\ ;$$

$$\frac{y + y_0}{m} = CH\,\frac{x + x_0}{m}\ ;$$

eliminando y_0 e y mediante resta miembro a miembro de estas dos últimas expresiones.

$$\frac{y_0 + k + m - y - y_0}{m} = CH\,\frac{x_0 + h}{m} - CH\,\frac{x + x_0}{m}\ ;$$

$$\frac{k}{m} + l - \frac{y}{m} = CH\,\frac{x_0 + h}{m} - CH\,\frac{x + x_0}{m}\ ;$$

teniendo en cuenta que $\frac{y}{m} = CH\,\frac{x}{m}$;

$$CH\,\frac{x + x_0}{m} - CH\,\frac{x_0 + h}{m} = CH\,\frac{x}{m} - \left(\frac{k}{m} + l\right)\ ;$$

que podríamos haber escrito directamente teniendo en cuenta que:

$$y'_c - y_c = y_0 = y'_B - y_B\ ; \quad \text{y que}$$

$$y'_c = m\,CH\,\frac{x_0 + x}{m}\ ; \quad y_c = m\,CH\,\frac{x_c}{m}\ ; \quad y'_B = CH\,\frac{x_0 + h}{m}\ ;$$

$$y_B = k + m\ ;$$

Se tienen, por tanto, las dos ecuaciones:

$$\text{(I)} \quad \frac{P}{pm} = SH\,\frac{x^0 + x}{m} - SH\,\frac{x}{m}$$

$$\text{(II)} \quad CH\,\frac{x + x_0}{m} - CH\,\frac{x}{m} = CH\,\frac{x_0 + h}{m} - \left(\frac{k}{m} + 1\right)$$

en las que: $\frac{x}{m} = \frac{u}{m} + \arg CH\,\frac{Q}{pm}$ es desconocido por serlo $\frac{u}{m}$, pero conocido u quedará conocida x y recíprocamente, supuesto el parámetro.

h y *k* son conocidos en función de los datos, y ya hemos dado sus expresiones, supuesto el parámetro; x_0 es también desconocido.

Tenemos, pues, dos ecuaciones transcendentales con dos incógnitas.

En lugar de ellas podemos tomar como incógnitas:

$$\text{(III)} \quad Y = SH\,\frac{x}{m}\ ; \qquad \text{(IV)} \quad Z = SH\,\frac{x_0 + x}{m}\ ;$$

y una vez conocidas *X* y *Z* quedarán conocidas $\frac{x}{m}$ y $\frac{x_0 + x}{m}$ (mediante las tablas de funciones hiperbólicas) y, por tanto, *x* y x_0, y en consecuencia *u*.

La substitución de las incógnitas x_0 y *x* por *Y* y *Z* permite reducir el problema al de la solución de una ecuación algébrica conforme se indica a continuación, ya que las ecuaciones transcendentes (I) y (II) se pueden escribir bajo la forma:

$$\text{(V)} \quad Z - Y = \frac{P}{pm}\ ;$$

$$CH\,\frac{x + x_0}{m} - CH\,\frac{x}{m} = CH\left[\frac{x_0 + x}{m} + \frac{h - x}{m}\right] - \left(\frac{k}{m} + 1\right) = CH\,\frac{x_0 + x}{m}\left(CH\,\frac{h}{m}\,CH\,\frac{x}{m} - SH\,\frac{h}{m}\,SH\,\frac{x}{m}\right) + SH\,\frac{x_0 + x}{m}\left(SH\,\frac{h}{m}\,C\,\frac{x}{m} - CH\,\frac{h}{m}\,SH\,\frac{x}{m}\right) - \left(\frac{k}{m} - 1\right)\ ;$$

o lo que es igual:

$$\sqrt{1 + SH\,\frac{2x + x_0}{m}} - \sqrt{1 + SH\,\frac{2x}{m}} = \sqrt{1 + SH\,\frac{2x_0 + x}{m}}\left(CH\,\frac{h}{m}\sqrt{1 + SH^2\,\frac{x}{m}} - SH\,\frac{h}{m}\,SH\,\frac{x}{m}\right) + SH\,\frac{x + x_0}{m}\left(SH\,\frac{h}{m}\sqrt{1 + SH^2\,\frac{x}{m}} - CH\,\frac{h}{m}\,SH\,\frac{x}{m}\right) - \frac{k}{m} - 1$$

o sea, recordando (III) y (IV), es decir, que hemos llamado:

$$Y = SH\,\frac{x}{m} \quad \text{y} \quad Z = SH\,\frac{x_0 + x}{m}$$

$$\sqrt{1 + Z^2} - \sqrt{1 + Y^2} = \sqrt{1 + Z^2}\left(CH\,\frac{h}{m}\sqrt{1 + Y^2} - SH\,\frac{h}{m}\right) - Z\left(SH\,\frac{h}{m}\sqrt{1 + Y^2} - CH\,\frac{h}{m}\,Y\right) - \frac{k}{m} - 1\ ;$$

y designando para abreviar:

$$\text{(VI)} \quad CH\,\frac{h}{m} = A_m\ ; \quad SH\,\frac{h}{m} = B_m\ ; \quad \frac{k}{m} + 1 = C_m$$

la expresión anterior podrá escribirse:

$$\sqrt{1 + Z^2} - \sqrt{1 + Y^2} = \sqrt{1 + Z^2}\left(A_m\sqrt{1 + Y^2} - B_m Y\right) + Z\left(B_m\sqrt{1 + Y^2} - A_m Y\right) - C_m\ ;$$

o lo que es lo mismo:

$$\sqrt{1 + Z^2}\left(1 - A_m\sqrt{1 + Y^2} + B_m Y\right) = Z\left(B_m\sqrt{1 + Y^2} - A_m Y\right) + \sqrt{1 + Y^2} - C_m$$

Y elevando al cuadrado los dos miembros *m* de la (VII):

$$\left.\begin{aligned} & 2B_m Y Z^2 - 2B_m Y^2 Z + \left(A_m^2 + B_m^2 - 1\right) Y^2 + \\ & + \left(A_m^2 - B_m^2 + 1\right) Z^2 - 2A_m C_m Y Z + 2B_m Y - \\ & - 2B_m Z + A_m^2 - C_m^2 = 2\left(A_m Z^2 - A_m Y Z + \right. \\ & \left. + A_m B_m Y - B_m C_m Z + A_m - C_m\right)\sqrt{1 + Y^2} \end{aligned}\right\} \text{(VII)}$$

Ahora bien, recordando (V) y llamando $\frac{P}{pm} = D_m$ (VIII) con lo que $Z = Y + D_m$ (IX) se tendrá substituyendo en (VII) este valor de Z y simplificando:

$$2\left(A_m^2 + B_m D_m - A_m C_m\right) Y^2 + 2\left(B_m D_m^2 + \left(A_m^2 - B_m^2 + 1\right) D_m - A_m C_m D_m\right) Y + \left(A_m^2 - B_m^2 + 1\right) D_m^2 - 2 B_m D_m + A_m^2 - C_m^2 = 2\left(A_m D_m + A_m B_m - B_m C_m\right) Y + A_m D_m^2 - B_m C_m D_m + A_m - C_m\right) \sqrt{1 + Y^2};$$

Pero en virtud de (VI):

$$A_m^2 - B_m^2 = CH^2 \frac{b}{m} - SH^2 \frac{b}{m} = 1;$$

luego

$$2(A_m^2 + B_m D_m - A_m C_m) Y^2 + 2(B_m D_m^2 + 2 D_m - A_m C_m D_m) Y + 2 D_m^2 - B_m D_m + A_m^2 - C_m^2 = 2((A_m D_m + A_m B_m - B_m C_m) Y + A_m D_m^2 - B_m^2 C_m D_m + A_m - C_m) \sqrt{1 + Y^2};$$

y poniendo

$$\left.\begin{aligned} 2(A_m(A_m - C_m) + B_m D_m) &= \alpha_1 \\ 2 D_m (B_m D_m - A_m C_m + 2) &= \beta_1 \\ 2 D_m (D_m - B_m) + A_m^2 - C_m^2 &= \delta_1 \\ 2(A_m D_m + B_m(A_m - C_m)) &= \alpha_2 \\ 2(D_m(A_m D_m - B_m C_m) + A_m - C_m) &= \beta_2 \end{aligned}\right\} \quad (X)$$

La última ecuación se escribirá:

$$\alpha_1 Y^2 + \beta_1 Y + \delta_1 = \left(\alpha_2 Y + \beta_2\right) \sqrt{1 + Y^2};$$

y pesando todos los términos al primer miembro que eleva al cuadrado da:

$$\left(\alpha_1^2 - \alpha_2^2\right) Y^4 + 2\left(\alpha_1 \beta_1 - \alpha_2 \beta_2\right) Y^3 + \left(\beta_1^2 - \alpha_2^2 - \beta_2^2 + 2\alpha_1 \delta_1\right) Y^2 + 2\left(\beta_1 \delta_1 - \alpha_2 \beta_2\right) Y + \delta_1^2 - \beta_2^2 = 0 \quad \text{(XI)}$$

donde α_1 β_1 δ_1 α_2 β_2 tienen en función de A_m B_m C_m D_m los valores dados por (X), y A_m B_m C_m D_m los valores dados por (VI) y (VIII) en función de los datos.

Determinado Y, es decir, $SH\frac{x}{m}$; el valor de Z, es decir, $SH\frac{x_0 + x}{m}$ será igual a $Y + \frac{P}{pm}$ en virtud de (V).

Claro que una vez conocido Y, es decir, $SH\frac{x}{m}$ (x es en realidad x_c), se conocerá $\frac{x}{m}$ que por ser x la abscisa de C es en realidad $\frac{x}{m} = \frac{x_c}{m}$ y con $\frac{u}{m} = \frac{x_c}{m} - \arg CH \frac{Q}{pm}$ quedará determinado por u.

En la ecuación de cuarto grado así obtenida hay tres raíces extrañas introducidas al elevar al cuadrado dos veces.

III

EQUILIBRIO DE UN HILO FIJO EN UN EXTREMO Y SOMETIDO EN EL OTRO, COLOCADO AL MISMO NIVEL, A LA TENSIÓN DE UN CONTRAPESO

Dados los puntos A y B al mismo nivel ($k'_1 = o$) y separados por una distancia h' y conocido el peso por m. l. de un hilo fijo en el extremo A y sometido en B a una tensión T; según la intensidad de esta tensión, la longitud del hilo entre A y B, así

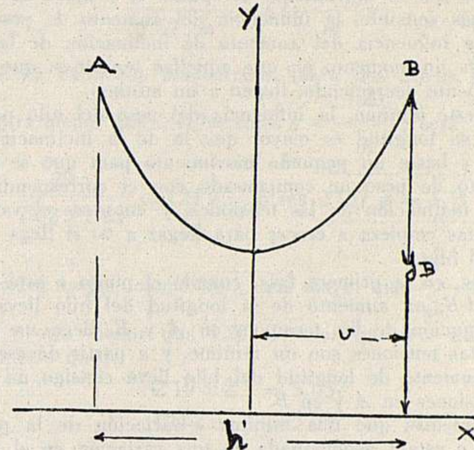


Fig. 7.

como el parámetro m de la catenaria que produzca, variarán, y recíprocamente, para conseguir una catenaria de parámetro determinado, será necesaria en B una tensión T de intensidad también determinada que variará con m, de modo que para la línea recta que una A con B y que es una catenaria de parámetro infinito, la tensión necesaria será también infinita, es decir, que será necesaria una tensión tanto más grande cuanto más próximo a la línea recta queramos que se mantenga el hilo, o sea, que cuando $m \to \infty$, $T \to \infty$.

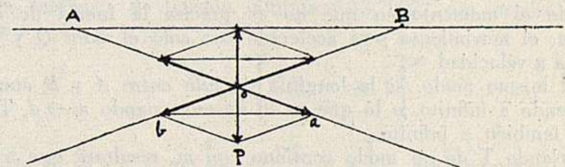


Fig. 8

Nota.

Si suponemos dos puntos fijos A y B y en la mitad de la línea horizontal que los une situamos un peso P cuyo punto de aplicación esté en o, podremos descomponer el peso P según las dos direcciones oa y ob, de modo que el sistema se encontrará en equilibrio mediante las componentes verticales de las tensiones oa y ob que se opondrán al peso P y las componentes horizontales de aquellas mismas tensiones que serán destruídas por la rigidez de los anclajes en A y B, que soportan también en cada uno la mitad de P.

Sólo nos interesa aquí considerar las tensiones y sus componentes verticales, ya que las componentes horizontales las suponemos soportadas por la fijeza de los puntos A y B.

Si el peso P es el del hilo que forma la catenaria entre A y B

y suponemos que dicha longitud pueda variar a nuestro deseo; para longitudes crecientes de hilo, el peso aumentará y aumentará al mismo tiempo la inclinación de las tensiones en A y B con relación a la horizontal.

Al principio, considerando el hilo en una posición próxima a A-B, un desplazamiento pequeño del mismo hacia abajo produce un aumento del peso del hilo entre A y B muy pequeño, y un aumento en la inclinación de las tensiones bastante apreciable; por ello, siendo en esta primera fase dominante el aumento de la inclinación de las tensiones sobre el aumento de peso producido por el desplazamiento de o, un pequeño aumento de aquellas inclinaciones va acompañado de una disminución del valor absoluto de las tensiones.

A medida que el movimiento del punto o, siempre hacia abajo, se hace más sensible, la influencia del aumento de peso va ganando a la influencia del aumento de inclinación de las tensiones, y llega un momento en que aquellas tensiones, que han ido retardadamente decreciendo, llegan a un mínimo.

Pasado este mínimo, la influencia del peso del hilo por el aumento de su longitud es mayor que la de la inclinación de las tensiones, y basta un pequeño movimiento para que se produzca un aumento de peso no compensado con el correspondiente aumento de inclinación de las tensiones, y entonces el valor absoluto de éstas empieza a crecer para llegar a ∞ si llega a ser ∞ el peso del hilo.

Así, pues, en la primera fase, cuando el punto o está cerca de la recta A-B, un aumento de la longitud del hilo lleva consigo una disminución de las tensiones en A y B, llega un momento en que estas tensiones son un mínimo, y a partir de ese momento, todo aumento de longitud del hilo lleva consigo un aumento de las tensiones en A y en B.

Nótese además que una mínima —variación de la posición— del punto o estará acompañada de una variación en el valor absoluto de las tensiones, que será retardadamente decreciente a partir de las posiciones de o próximas a la horizontal A-B hasta llegar a la posición del mínimo, y desde entonces las tensiones que empiezan aumentando ligeramente en intensidad, acaban cuando o se aleja notablemente de A-B por variar muy poco en inclinación y mucho en intensidad.

Así, pues, si suponemos en A un contrapeso que equilibre la tensión producida por el hilo en su posición inicial muy próxima a A-B, si pretendemos hacer variar la longitud del hilo empezaremos por tener que ejercer en A un esfuerzo vertical de abajo a arriba cada vez menos intenso para un mismo recorrido de o hacia abajo, o sea, que con el mismo esfuerzo en A opuesto el peso, lograremos un mayor recorrido de o, y una vez llegado a la posición del mínimo y sobrepasada ésta ligeramente, será necesario aumentar el peso Q cada vez más, suprimiendo el esfuerzo de abajo arriba para un mismo espacio recorrido, o sea, que llegado el momento en que no es precisa la fuerza de abajo arriba, el movimiento será acelerado con solo el valor Q y —— tendrá a velocidad ∞.

Del mismo modo, si la longitud de hilo entre A y B aumenta tendiendo a infinito, o lo que es lo mismo, cuando $m \to o$, T tenderá también a infinito.

Variando T de un modo continuo con m, resultará que teniendo en cuenta lo que acabamos de decir, existirá un parámetro para el cual la tensión tendrá el valor mínimo, es decir, entre las infinitas catenarias habrá una que para producir la tensión necesaria en B será menor que para producir las demás.

Se puede suponer también que el hilo está en equilibrio por la acción de dos tensiones iguales aplicadas en los puntos A y B, en lugar de ser fijo el punto A y estar el hilo sometido en B a una tensión T como hemos supuesto.

Comprobemos lo que acaba de indicarse.

Para la catenaria de parámetro m se tiene:

$$y_B = m\,\mathrm{CH}\,\frac{v}{m}\,; \quad \mathrm{T} = p\,y_B\,;$$

Para $m \to \infty$ (línea recta):

$$\mathrm{CH}\,\frac{v}{m} = \frac{e^{\frac{x}{m}} + e^{-\frac{x}{m}}}{2} \to \frac{1+1}{2} = 1$$

y por lo tanto:

$$\mathrm{T} = pm\,\mathrm{CH}\,\frac{v}{m} \to \infty$$

como ya habíamos indicado.

Del mismo modo cuando: $m \to o$; $\mathrm{CH}\,\frac{v}{m} \to \infty$, puesto que:

$$\lim_{\to o} m\,\mathrm{CH}\,\frac{v}{m} = \lim_{\to o} m\,\frac{e^{\frac{v}{m}} + e^{-\frac{v}{m}}}{2} =$$

$$= \lim_{\to o} \frac{1}{2}\,m\,e^{\frac{v}{m}} \left(\text{pues } e^{-\frac{v}{m}} = \frac{1}{e^{\frac{v}{m}}} \to o\right)$$

o sea, que su límite será:

$$\lim_{\to o} \frac{e^{\frac{v}{m}}}{\frac{2}{m}}\,;$$

y como éste, cuando $m \to o$, se presenta bajo la forma $\frac{\infty}{\infty}$, su límite es el del cociente de las derivadas del numerador y del denominador, es decir:

$$\lim_{\to o} \frac{-\frac{v}{m^2}\,e^{\frac{v}{m}}}{-\frac{2}{m^2}} = \lim_{\to o} v\,e^{\frac{v}{m}} = \infty\,;$$

es decir, que cuando $m \to o$: $\mathrm{T} = p\,m\,\mathrm{CH}\,\frac{v}{m} \to \infty$, como también se dijo.

Siendo infinitas las dos tensiones para los valores extremos, de $m \to o$ o $m \to \infty$, habrá un valor de m para el cual la tensión necesaria para producir la catenaria de este parámetro será menor que para producir las demás catenarias.

Veamos el modo de determinar el parámetro de esta catenaria.

Para ello habrá que hallar el valor de m que haga mínimo a la expresión:

$$\mathrm{T} = p\,m\,\mathrm{CH}\,\frac{v}{m}\,;$$

para lo cual bastará igualar a cero la derivada, que es como función de función:

$$\frac{d\mathrm{T}}{dm} = p\,\mathrm{CH}\,\frac{v}{m} - pm\,\frac{v}{m^2}\,\mathrm{SH}\,\frac{v}{m} =$$

$$= p\left(\mathrm{CH}\,\frac{v}{m} - \frac{v}{m}\,\mathrm{SH}\,\frac{v}{m}\right);$$

luego el mínimo de T corresponderá el valor de m solución de la ecuación.

$\mathrm{CH}\,\frac{v}{m} - \frac{v}{m}\,\mathrm{SH}\,\frac{v}{m} = o$, o sea la ecuación $\mathrm{TH}\,\frac{v}{m} = \frac{m}{v}$ o $\frac{v}{m}\,\mathrm{TH}\,\frac{v}{m} = 1$; llamando $x = \frac{v}{m}$ bastará de una vez para todas resolver la ecuación $x\,\mathrm{TH}\,x = 1$; lo que se consigue fácilmente con la tabla de funciones hiperbólicas, hallándose para valor de x, $x = 1{,}2$ aproximadamente, ya que entonces: $\mathrm{TH}\,x = 0{,}83365$, y, por tanto: $x\,\mathrm{TH}\,x = 1{,}00038$ y para $x = 1{,}199$ es $\mathrm{TH} = 0{,}83335$ y: $x\,\mathrm{TH}\,x = 0{,}9993665$.

Resulta, pues, que: $\frac{v}{m} = 1{,}2$; es decir, que el valor de m que hace mínima la tensión es, llamándole m_0:

$$m_0 = \frac{v}{1'2} \quad \text{o} \quad m_0 = \frac{h'}{2'4}$$

Ejemplo.

En las expresiones anteriores hagamos $v = 1{,}20$, será $m_0 = 1$, y la tensión mínima en A o B será $T_0 = p\, m_0\, \text{CH}\, \frac{v}{m_0} = p\, 1{,}00\, .\, \text{CH}\, 1{,}2 = p\, 1{,}00\, .\, 1{,}81066 = p\, 1{,}81066$; y si $p = 7{,}62$; $T = 1{,}81066 \times 7{,}62 = 13{,}79722$.

Quiere esto decir que si ponemos en B un contrapeso Q menor que 13,79722 no hay posibilidad de que este contrapeso mantenga el equilibrio; para cualquier longitud de hilo entre A y B que no sea la correspondiente a parámetro l y $h' = 2{,}40$.

Para Q mayor que 13,79722, $Q = 20$, por ejemplo, resulta que por haber dos valores de m para los cuales $T = 20$, habrá dos longitudes de hilo, es decir, dos configuraciones distintas de catenaria, una de parámetro $m_1 > m_0$, es decir, $m_1 > 1$, y otra de parámetro $m_2 > m_0$, es decir, $m_2 < 1$, capaces de producirse con el contrapeso $Q = 20$ kgs.

De las dos configuraciones, la de parámetro $m_1 > 1$, que se hallará por encima de la de tensión mínima, será de equilibrio estable, porque si después de un desplazamiento infinitamente pequeño hacia arriba o hacia abajo abandonamos el hilo a sí mismo, manteniendo en B la tensión constante del contrapeso, recobrará dicha configuración.

En efecto, si el desplazamiento infinitamente pequeño fuese hacia arriba, no se podría mantener la nueva posición, ya que esa situación algo más elevada corresponde a catenarias que exigen una tensión superior a 20 kgs. y, por lo tanto, el hilo se dirigirá hacia abajo hasta llegar a la primitiva posición; y si el desplazamiento infinitamente pequeño es hacia abajo, en la región que corresponde a catenarias que exigen una tensión inferior a 20 kgs., se dirigirá el hilo hacia arriba hasta llegar a la primitiva posición.

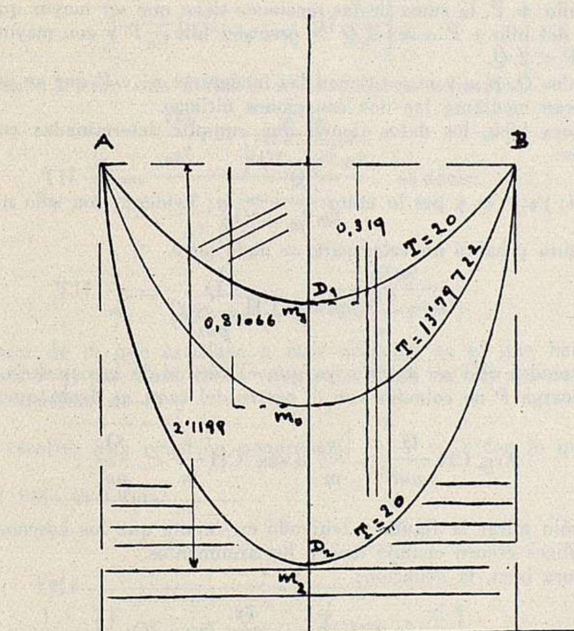


Fig. 9

Zona superior, $T > 20$, equilibrio estable.
Zona media, $T < 20$, entre límites de $T = 20$, comprendiendo el mínimo $T = 13{\cdot}79722$.
Zona inferior, $T > 20$, equilibrio inestable.

En cambio, la catenaria de parámetro m_2 será de equilibrio inestable, pues desplazado el hilo infinitamente poco hacia arriba se hallará en una zona que corresponde a catenarias que exigen una tensión inferior a 20 kgs., desplazándose en consecuencia hacia arriba hasta llegar a la catenaria de equilibrio estable; y si se desplaza infinitamente poco hacia abajo, entra en una región que corresponde a catenarias que exigen una tensión mayor que 20, y el movimiento no se detendrá arrastrando el contrapeso.

Calculemos ahora m_1 y m_2 para la tensión de 20 kgs. en la ecuación $\frac{Q}{pm} = \text{CH}\, \frac{v}{m}$; que en este caso es:

$$\frac{20}{7'62\, .\, m} = \text{CH}\, \frac{1'20}{m};$$

según se ha explicado más arriba habrá dos raíces, una mayor que l y otra menor que l, si hacemos $x = \frac{1{,}20}{m}$; será:

$$\frac{20\, x}{7'62\, x\, 1'20} = \text{CH}\, x; \quad \text{o sea } 2'187\, x = \text{CH}\, x$$

y ésta tendrá dos soluciones de x, una mayor que $\frac{v}{m_0} = \frac{1{,}20}{1} = 1{,}20$; y otra menor que 1,20 el valor que $x > 1{,}20$ es igual $\approx 2{,}3$, puesto que:

$$2'19\, x\, 2'3 = 5{,}037$$
$$\text{CH}\, 2'3 — = 5{,}037$$

y luego: $m_2 = \frac{1{,}2}{2{,}3} = 0{,}5217$ (este valor es el menor que m_0 y corresponde a la catenaria de equilibrio inestable que hemos llamado m_2).

El otro valor $x < 1$ es $\approx 0{,}52$, pues:

$$2'187\, x\, 0'52 = 1{,}137$$
$$\text{CH}\, 0'52 — = 1{,}138$$

y luego el otro valor de m es:

$$m_1 = \frac{1'20}{0'52} = \approx 2'3$$

Las flechas de las catenarias de equilibrio para $Q = 20$ y la de la catenaria de tensión mínima $= 13{,}79722$ son, según la fórmula:

$$f = m \left[\text{CH}\, \frac{v}{m} - 1 \right]$$

para la de m_1: $f_1 = 2'3 \left[\text{CH}\, \frac{1'2}{2'3} - 1 \right] = 2'3\, [\text{CH}\, 0'521 - 1] = 0'319$;

para la de m_0: $f_0 = 1 \left[\text{CH}\, \frac{1'2}{1} - 1 \right] = 1\, x\, 0'81066 = 0'81066$;

para la de m_2: $f_2 = 0'52 \left[\text{CH}\, \frac{1'2}{0'52} - 1 \right] = 0'52\, x\, 4'07688 = 2'1199$;

Colocado el hilo (suponiendo en B un contrapeso constante $Q = 20$ kgs.) por encima de $A\, D_1\, B$, bajará hasta colocarse en $A\, D_1\, B$.

Colocado entre $A\, D_1\, B$ y $A\, D_2\, B$ subirá hasta colocarse en $A\, D_1\, B$.

En $A\,D_1\,B$ se hallará en equilibrio inestable.

En $A\,D_2\,B$ se hallará en equilibrio inestable de tal modo que un pequeño impulso o desplazamiento hacia arriba haría que se moviese hasta $A\,D_1\,B$ y un pequeño impulso o desplazamiento hacia abajo, haría que el hilo se precipitase hacia abajo arrastrando el contrapeso.

Con un contrapeso Q = 13,79722, el hilo colocado en $A\,D_1\,B$ (que en este caso se confundiría con $A\,D_2\,B$) se hallará en equilibrio semiestable, tal, que después de un desplazamiento hacia arriba pequeño o después de un pequeño impulso, el hilo volverá a su posición de equilibrio y después de un pequeño impulso o desplazamiento hacia abajo, el hilo se precipitará hacia abajo arrastrando el contrapeso.

Consideremos un hilo que pasa por dos puntos A *y* B *situados al mismo nivel y sometido en ellos a la acción de contrapesos iguales de un valor* Q *cada uno de ellos, y en el centro o punto medio del vano* A-B *y a una sobrecarga* P.

Si no actúa la sobrecarga P, ya hemos visto que hay dos configuraciones de equilibrio, las catenarias $A\,D_1\,B$ y la $A\,D_2\,B$, de parámetros m_1 y m_2, respectivamente, esta última de equilibrio inestable.

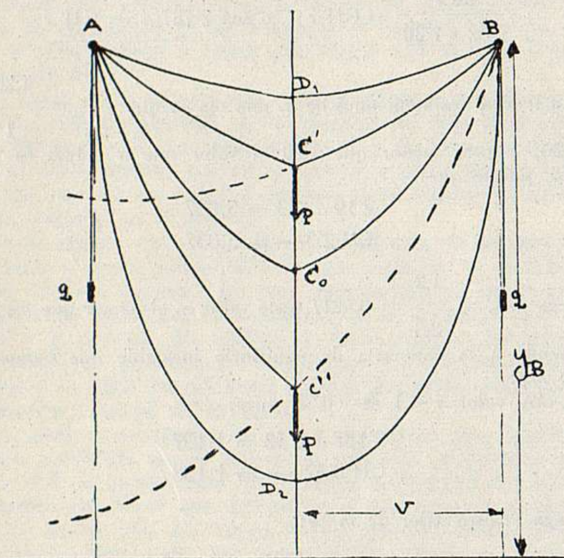


Fig. 10

Si en el punto medio actúa una sobrecarga, no superior a un cierto valor que determinaremos después, aunque ya podemos decir que evidentemente ha de ser $P < 2\,Q$, el hilo adquirirá una configuración de equilibrio compuesta de dos ramas de catenaria A-C' y C'-B del mismo parámetro, cuyo valor m' se hallará comprendido entre m_1 y m_2. Ahora bien, si recíprocamente consideramos un punto C entre D_1 y D_2, hay una catenaria perfectamente determinada que pasando por A y C se halla sometida en A a una tensión Q y análogamente la rama C-B, por lo cual conociendo estas tensiones Q, se conocerán las tensiones en C cuya resultante nos dará el valor del peso que equilibrarán y por tanto la sobrecarga P que producirá la configuración de equilibrio formada por las dos ramas de catenaria A-C y C-B.

Como al variar C de D_1 a D_2, P varía de cero a cero ya que en aquellas posiciones la catenaria está supuesta sin carga, habrá una posición C_0 para lo cual la sobrecarga sea máxima P_0, y para un valor de P inferior a P_0 habrá dos posiciones C' y C'', una por encima de C_0 y otra por debajo de C_0 a la que corresponderán dos configuraciones de equilibrio A-C'-B y A-C''-B, si bien esta última es inestable, es decir, que si haciendo descender el punto medio del hilo hasta C'' aplicamos en él una sobrecarga correspondiente P_1 el hilo quedará en equilibrio, pero si después de un pequeño desplazamiento del punto de aplicación hacia arriba o hacia abajo, el hilo no recobra su posición A-C''-B; si el desplazamiento es hacia arriba, el hilo subirá hasta quedar en la posición A-C'-B (suponiendo, como hemos dicho, que en A y B permanecen los contrapesos iguales a Q).

Si el desplazamiento es hacia abajo, el hilo se precipitará hacia abajo arrastrando los contrapesos.

Ya hemos dicho que el parámetro m' de la rama de catenaria A-C' es igual al de la rama C'-B y su valor se halla comprendido entre los de los parámetros m_1 y m_2; por tanto, podemos tomar también como variable m y a cada valor de ella comprendido entre m_1 y m_2 corresponderá una sobrecarga P y un punto C de aplicación de la misma comprendido entre D_1 y D_2. P será cero paar $m = m_1$ y $m = m_2$ y habrá un valor de m comprendido entre m_1 y m_2 para el cual P será un máximo.

Para determinar este valor de P hallemos la expresión general de la sobrecarga en función de m:

$$y_B = \frac{Q}{p}\,;\; \frac{y_B}{m} = \mathrm{CH}\,\frac{x_B}{m}\,;$$

y teniendo en cuenta que la sobrecarga es equilibrada por la suma de las componentes verticales de las tensiones de cada una de las dos ramas de catenaria que se cortan en C y que cada una de estas componentes verticales, iguales entre sí, es igual al peso del trozo de catenaria comprendido entre el vértice y el punto C, podremos escribir:

$$\frac{Q}{pm} = \mathrm{CH}\,\frac{x_B}{m}\,;\quad \text{y} \quad \mathrm{SH}\,\frac{x_B - v}{m} = \frac{P}{2pm}\,;\quad (I)$$

De estas expresiones se deduce dividiéndolas:

$$\frac{P}{2\,Q} = \frac{\mathrm{SH}\,\dfrac{x_B - v}{m}}{\mathrm{CH}\,\dfrac{x_B}{m}} < \frac{\mathrm{SH}\,\dfrac{x_B}{m}}{\mathrm{CH}\,\dfrac{x_B}{m}} = \mathrm{TH}\,\frac{x_B}{m} < 1\,;$$

luego $P < 2\,Q$, lo que por otra parte es evidente, ya que las dos tensiones Q inclinadas tienen que equilibrar al peso del hilo + P, luego si sus componentes verticales sumadas son iguales al peso del hilo + P, la suma de las tensiones tiene que ser mayor que el peso del hilo + P o sea $2\,Q >$ peso del hilo + P y con mayor razón $P < 2\,Q$.

Dados Q, p, v y m, se tienen las incógnitas x y P que se determinarán mediante las dos ecuaciones últimas.

Ahora bien, los datos tienen que cumplir determinadas condiciones:

Así: $y_B > m$ y por lo tanto $\dfrac{Q}{p} > m$; evidente con sólo mirar la figura y habrá un valor para x_B dado por:

$$\frac{x_B}{m} = \text{arg.}\,\mathrm{CH}\,\frac{Q}{pm}\,;$$

pero tendrá que ser $x_B > v$ ya que el vértice de la catenaria con sobrecarga P no coincide con el centro del vano, es decir, que:

$$\text{Arg.}\,\mathrm{CH}\,\frac{Q}{pm} > \frac{v}{m} \quad \text{o sea} \quad \mathrm{CH}\,\frac{v}{m} < \frac{Q}{pm}\,;$$

con sólo mirar la figura y teniendo en cuenta que los cosenos hiperbólicos crecen cuando crecen los argumentos.

Ahora bien, la ecuación:

$$\mathrm{CH}\,\frac{v}{m} = \frac{Q}{pm}\,;$$

tiene dos raíces m_1 y m_2 que son los parámetros de las catenarias sin sobrecarga, o sea, con el solo peso del hilo, correspondiendo la de parámetro m_1 al equilibrio estable y la de parámetro m_2 al equilibrio inestable. Es natural que no variando la tensión Q en

A y B sólo los valores comprendidos entre m_1 y m_2 serán los que verifiquen la desigualdad:

$$\mathrm{CH}\,\frac{v}{m} < \frac{Q}{pm} \; ;$$

y ése será el campo de variación admisible para las catenarias que se forman por la adición de una sobrecarga P.

De las ecuaciones (I) deducimos:

$$P = 2pm\,\mathrm{SH}\,\frac{x_B - v}{m} = 2pm\left[\mathrm{SH}\,\frac{x_B}{m}\,\mathrm{CH}\,\frac{v}{m} - \mathrm{CH}\,\frac{x_B}{m}\,\mathrm{SH}\,\frac{v}{m}\right];$$

si tenemos en cuenta que de las propiedades de la catenaria llamando:

m = parámetro.

l = longitud a contar desde el vértice.

y_B = ordenada del extremo del trozo considerado.

Se sabe que:

$$y_B = \sqrt{m^2 + l^2}$$

podremos escribir continuando el desarrollo anterior:

$$P = 2pm\left[\mathrm{CH}\,\frac{v}{m}\sqrt{\frac{Q^2}{p^2 m^2} - 1} - \frac{Q}{pm}\,\mathrm{SH}\,\frac{v}{m}\right]$$

es decir:

$$P = 2\left[\sqrt{Q^2 - p^2 m^2}\;\mathrm{CH}\,\frac{v}{m} - Q\,\mathrm{SH}\,\frac{v}{m}\right] \text{(II)}$$

Obtenida la expresión de P en función de m, el máximo de P se obtendrá hallando el valor de m que anule a la derivada de (II) con relación a m y substituyendo después en P el valor de m obtenido.

$$\frac{dP}{dm} = 2\left|-\frac{v}{m^2}\sqrt{Q^2 - p^2 m^2}\;\mathrm{SH}\,\frac{v}{m} - \frac{p^2 m}{\sqrt{Q^2 - p^2 m^2}}\,\mathrm{CH}\,\frac{v}{m} + \right.$$

$$\left. + Q\frac{v}{m^2}\,\mathrm{CH}\,\frac{v}{m}\right] = 2\left[\left(\frac{Qv}{m^2} - \frac{p^2 m}{\sqrt{Q^2 - p^2 m^2}}\right)\mathrm{CH}\,\frac{v}{m} - \right.$$

$$\left. - \frac{v}{m^2}\sqrt{Q^2 - p^2 m^2}\;\mathrm{SH}\,\frac{v}{m}\right] ;$$

Igualando a cero esta derivada se obtendrá la ecuación:

$$\mathrm{TH}\,\frac{v}{m} = \frac{\dfrac{Qv}{m^2} - \dfrac{p^2 m}{\sqrt{Q^2 - p^2 m^2}}}{\dfrac{v}{m^2}\sqrt{Q^2 - p^2 m^2}} \; ; \quad \text{es decir:}$$

$$\mathrm{TH}\,\frac{v}{m} = \frac{Q}{\sqrt{Q^2 - p^2 m^2}} - \frac{p^2 m^3}{v\,(Q^2 - p^2 m^2)}$$

El valor de m que satisfaga a esta ecuación es el que hará máximo a P y, por tanto, dicho valor substituído en (II) nos dará el valor máximo de P.

Para resolver esta ecuación pondremos: $\dfrac{v}{m} = x$ con lo que quedará bajo la forma:

$$\mathrm{TH}x\;\frac{Q}{\sqrt{Q^2 - p^2\dfrac{v^2}{x^2}}} - \frac{p^2\dfrac{v^3}{x^3}}{v\left(Q^2 - p^2\dfrac{v^2}{x^2}\right)} \; ;$$

es decir:

$$\mathrm{TH}x\;\frac{Q\,x}{\sqrt{Q^2 x^2 - p^2 v^2}} = \frac{p^2 v^2}{x\,(Q^2 x^2 - p^2 v^2)} \; ;$$

En realidad, en lugar de resolver la ecuación que acabamos de establecer, será probablemente más conveniente hallar mediante (II) para diversos valores de m los correspondientes de P y por aproximaciones sucesivas determinar el valor máximo de P con cuanta aproximación se desee (así como el de m correspondiente).

Por otra parte, conocida el P correspondiente a cada m, se podrá hallar la posición de su punto de aplicación C, puesto que dado m, de la fórmula 1.ª de la (I) se deducen:

$$\frac{x_B}{m} = \arg\,\mathrm{CH}\,\frac{Q}{pm} \; ;$$

y, como la ordenada de C será:

$$\frac{y_C}{m} = \mathrm{CH}\,\frac{x_C}{m} = \mathrm{CH}\,\frac{x_B - v}{m} \; ;$$

conoceremos x_B, v y m y se podrá hallar y_C y por lo tanto la diferencia de nivel entre C y B será:

$$y_B - y_C = \frac{Q}{p} - y_C \; ;$$

(donde se pondrá en lugar de y_C el valor que acabamos de indicar como se determina).

De este modo queda determinada la posición del punto de aplicación C de P por conocerse la distancia horizontal v que le separa de B y el desnivel respecto a este punto.

Ejemplos.

Supongamos un vano de 100 mts. con un peso de hilo por metro lineal de 5 kgs. y apoyos situados en la misma horizontal. Supongamos asimismo que la flecha del hilo es de 10 metros.

$$\mathrm{CH}\,\frac{v}{m} - m = 10 \text{ mts.} \; ; \qquad \mathrm{CH}\,\frac{50}{m} - m = 10 \text{ mts.} \; ;$$

Tomemos $m = 80$: $\mathrm{CH}\,\dfrac{50}{80} = \mathrm{CH}\;0'625 = 1'20175$ mts.

$y_B = 1'20175 \times 80 = 96'1400$ »
$- 80'0000$ »
$16'1400 > 10$

Tomemos $m = 100$: $\mathrm{CH}\,\dfrac{50}{100} = \mathrm{CH}\;0'5 = 1'12763$ mts.

$y_B = 1'12763 \times 100 = 112'763$ »
$- 100'000$ »
$12'763 > 10$

Tomemos $m = 120$: $\mathrm{CH}\,\dfrac{50}{120} = \mathrm{CH}\;0'416 = 1'08778$ mts.

$y_B = 1'08778 \times 120 = 130'5336$ »
$- 120'0000$ »
$10'5336 > 10$

Tomemos $m = 125$: $\mathrm{CH}\,\dfrac{50}{125} = \mathrm{CH}\;0'400 = 1'08107$ mts.

$y_B = \mathrm{CH}\;1'08107 \times 125 = 135'13375$ »
$- 125'00000$ »
$10'13375 > 10$

Tomemos $m = 127$: $CH\frac{50}{127} = CH\,0'394 = 1'07863$ mts.

$$y_B = 1'07863 \times 127 = 136'986 \text{ »}$$
$$- 127'000 \text{ »}$$
$$9'986 < 10$$

que da un error de 14 m/m.

Tomaremos como bueno m = 127 *mts.*

Con este parámetro la longitud del hilo será:

$$\text{Semilongitud} = SH\frac{50}{127} = SH\,0'394 = 0'40427\,;$$

$2 \times 0'40427 \times 127 = 102'684$ metros.

Peso del hilo $= 102'684 \times 5 = 513'420$ Kgs.

Tensión en A y $B = y_B \times 5 = CH\frac{50}{127} \times 127 \times 5 =$

$= CH\,0'394 \times 127 \times 5 = 1'07863 \times 127 \times 5 = 684'93$ Kgs.

Como comprobación debe verificarse la ecuación:

$$\frac{Q}{pm} = CH\frac{v}{m}\,;$$

$$\frac{684'93}{5 \times 127} = CH\frac{50}{127} = CH\,0'394 = 1'07863;$$

Como efectivamente se verifica.

Habrá otra catenaria cuyo parámetro vamos a buscar y que tenga tensión en $B = 684{,}93$ kgs.

$$\frac{Q}{pm} = CH\frac{v}{m}\,;$$

Tomemos m = 20

$$\frac{Q}{pm} = \frac{684'93}{100} = 6'8493;\quad CH\frac{50}{20} = CH\,2'5 = 6'13229;$$

Tomemos m = 18,5

$$\frac{Q}{pm} = \frac{684'93}{92'5} = 7'4046;\quad CH\frac{50}{18'5} = CH\,2'7027 = 7'4883;$$

Tomemos m = 18,6

$$\frac{Q}{pm} = \frac{684'93}{93} = 7'3645\,;\quad CH\frac{50}{18'6} = CH\,2'688 = 7'3851\,;$$

Tomemos m = 18,65

$$\frac{Q}{pm} = \frac{684'93}{93'25} = 7'3440\,;\quad CH\frac{50}{18'65} = CH\,2'682 = 7'34136;$$

como comprobación diremos:

$$\text{Tensión en B} = CH\frac{50}{18'65} \times 18'65 \times 5 = CH\,2'681 \times 93'25 =$$

$= 7'33409 \times 93'25 = 683'90$ con error de 1 Kgs.

El peso de esta catenaria será:

$$2\,SH\frac{50}{18'65} \times 18'65 \times 5 = 2\,SH\,2'681 \times 18'65 \times 5 = 2 \times$$

$\times\, 7'2656 \times 18'65 \times 5 = 1.355$ Kgs.

El peso de la catenaria de mayor parámetro era = 513,420 y el de ésta 1.355 kgs.

Supongamos cargada la catenaria en el punto medio del vano con un peso de 200 kgs. y vamos a hallar la posición que ocupará ese punto.

Empecemos por ver qué parámetro corresponde a la carga: P = 200 kgs.; según la ecuación (II).

$$P = 2\left[\sqrt{Q^2 - p^2 m^2}\,CH\frac{v}{m} - Q\,SH\frac{v}{m}\right]$$

Ensayemos m = 100

$$Q^2 = 684'93^2 = 469139\,;\quad p^2 = 25\,;\quad \frac{v}{m} = 0'5\,;$$
$$m^2 = 10.000$$

$$CH\frac{v}{m} = 1'12763;\ SH\frac{v}{m} = 0'5211;\ p^2 m^2 = 250000$$

$$P = 2\left[\sqrt{469130 - 250000} \times 1{,}12763 - 684{,}93 \times 0'5211\right] =$$
$$= 341{,}88$$

Ensayemos m = 110

$$m = 110;\ \frac{v}{m} = 0'4545\,;\ CH\frac{v}{m} = 1'1032\,;\ SH\frac{v}{m} = 0'46589\,;$$
$$p^2 m^2 = 304500\,;\quad m^2 = 12100$$

$$P = 2\left[\sqrt{469130 - 304500} \times 1'1032 - 684{,}93 \times 0'46589\right] =$$
$$= 257'02$$

Ensayemos m = 115

$$m = 115\,;\ m^2 = 13225\,;\ \frac{v}{m} = 0{,}4347\,;\ CH\frac{v}{m} = 1'09589\,;$$

$$SH\frac{v}{m} = 0'44830\,;\quad p^2 m^2 = 330625$$

$$P = 2\left[\sqrt{469130 - 330625} \times 1'09589 - 684'93 \times 0'4483\right] =$$
$$= 201'58$$

que aceptamos con error de 1 kg.

Para encontrar la posición que en la vertical ocupa el punto C, haremos el siguiente razonamiento:

Como las tensiones en A y B son 684,93 y suponemos que en ellas hay un contrapeso de ese mismo número de kilos que el que da una catenaria de flecha 10 mts.; al colocar ahora en el centro de la carga de 200 kgs. la flecha aumentará y el equilibrio se establece mediante dos ramas de catenaria con parámetro común = 115 mts., conservándose en A y B la tensión 684,93 kilogramos.

La ordenada en A y B para el parámetro 115 será:

$$\frac{684'93}{5} = 136'986 \text{ mts.}$$

A este valor de y_B corresponde una abscisa dada por:

$$x_B = \arg CH\frac{136'986}{115} \times 115\ \arg CH\,1'19118 \times 115 =$$
$$= 0'609 \times 115 = 70'035 \text{ mts.}$$

Luego la abscisa del punto C será x_C = 70,035 — 50 = 20,035, y su ordenada:

$$y_C = 115\,CH\frac{20'035}{115} = 115\,CH\,0'174 = 115 \times 1'01518 = 116'74$$

y como la ordenada de B era de 136,986, el punto C estará por bajo del B: 136,986 — 116,74 = 20,246 mts., o sea que ha descendido 10,246 mts. por efecto de la carga.

Comprobación.

Si la ordenada en C es 116,74 mts., la tensión en dicho punto será: 116,74 × 5 = 583,70 kgs.

La inclinación de esta tensión, definida por la tangente del ángulo que forma con la horizontal, es:

$$tg = \frac{1}{m} = \frac{\text{SH } 0{,}174 \times 115}{115} = 0{,}17488$$

a cuyo valor corresponde un ángulo de 9° 15'.

La componente vertical de la tensión será:

583,7 × 0,17488 = 101,07 kgs.; y como la mitad de la carga son 100 kgs. vemos comprobado el caso con un error de 2,14 kgs. o sea el 1 %.

IV

HILO CON APOYOS DESNIVELADOS SIN SOBRECARGA Y CON LONGITUD VARIABLE, O SEA, CON CONTRAPESO. TEORÍA DE LAS POSICIONES QUE PUEDE ADOPTAR

HILO CON SÓLO SU PROPIO PESO

Dados h' k' Q y p hay, por las mismas razones que se expusieron al tratar del caso de apoyos situados al mismo nivel dos configuraciones de equilibrio para el hilo sin sobrecarga.

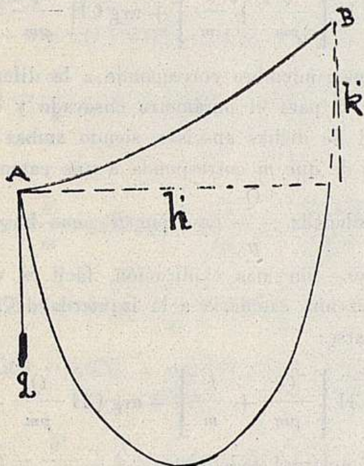


Fig. 11

Los parámetros de las catenarias corrrespondientes a estas dos configuraciones vienen dados por las dos soluciones de la ecuación:

$$Q = p\left(-\frac{k'}{2} + \sqrt{\frac{k'^2}{4}\,\text{CTH}^2\,\frac{b'}{2m} + m^2\,\text{CH}\,\frac{b'}{2m}}\right);$$

Sólo en el caso de que el valor de Q sea el valor mínimo del segundo miembro, considerado como función de m, hay un solo valor para m, análogamente a lo explicado en el caso de apoyos de nivel, y este valor de m es el que corresponde al de Q que hace mínima la tensión del hilo entre los dos infinitos que a esta tensión le corresponden en los casos de $m = \infty$ y $m = C$.

En lugar de servirse de esta ecuación, como se hace en «nuevo procedimiento», pueden determinarse los valores de m por el siguiente procedimiento (ya empleado en otro lugar de esta obra), que consiste en tantear valores de m hasta obtener los que se buscan, que son los que corresponden a las dos configuraciones de catenaria por encima y por debajo de la catenaria de tensión mínima en los apoyos, que con un mismo valor de h' k' y p para las dos, dan para Q dos valores también iguales.

El tanteo empezará por el parámetro $m = \frac{Q}{p}$ o sea por la catenaria cuyo vértice está en A; si se verifica que:

$$\text{CH}\,\frac{b'}{m} - 1 = \frac{k'}{m};$$

la catenaria pasará por B evidentemente y será una de las buscadas, encontrándose el vértice de la otra entre A y B y más bajo que A, puesto que sabemos que el parámetro ensayado: $m = \frac{Q}{p}$ es el máximo admisible y hacia la izquierda todos los parámetros que han de ser menores que: $\frac{Q}{p}$ tienden a alejar la catenaria del punto B, ocurriendo lo contrario si el vértice se sitúa a la derecha (véase fig. XII).

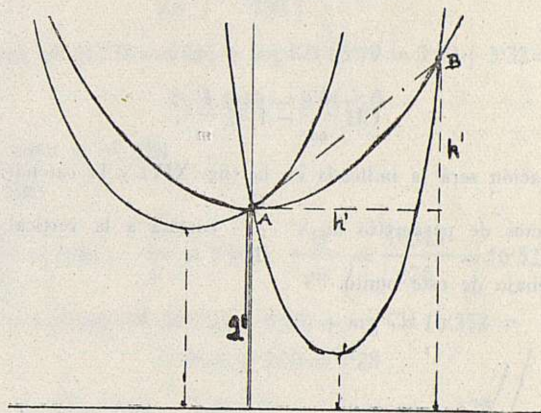


Fig. 12

Es evidente que para que esto ocurra, es decir, para que la catenaria ensayada de parámetro $m = \frac{Q}{p}$ pase por el punto B, habrá de verificarse:

$$\text{CH}\,\frac{b'}{m} - 1 = \frac{k'}{m};$$

Podrá ocurrir que no se verifique esta condición y entonces:

$$\text{CH}\,\frac{b'}{m} - 1 \gtrless \frac{k'}{m};$$

Si:

$$\text{CH}\,\frac{b'}{m} - 1 > \frac{k'}{m};$$

la situación será la indicada en la (fig. XIII) y la catenaria que tanteamos de parámetro $m = \frac{Q}{p}$ cortará a la vertical de B por encima de este punto y como por las razones recientemente ex-

puestas el vértice de las catenarias que buscamos no puede estar a la izquierda de A ni tener su parámetro un valor mayor que $\frac{Q}{p}$, las dos catenarias de equilibrio tendrán sus vértices por debajo de A y entre A y B.

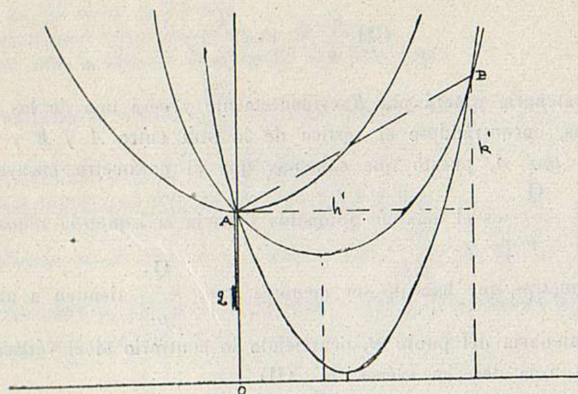


Fig. 13

Si:

$$\mathrm{CH}\,\frac{b'}{m} - 1 < \frac{k'}{m};$$

la situación será la indicada en la (fig. XIV) y la catenaria que ensayamos de parámetro $m = \frac{Q}{p}$ cortará a la vertical de B por debajo de este punto.

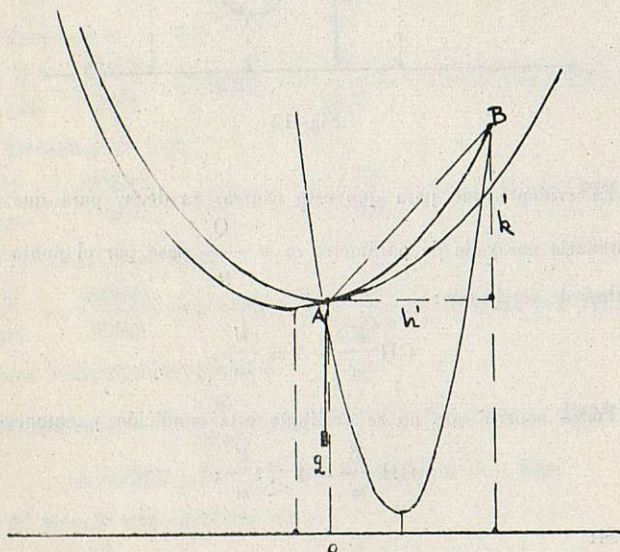


Fig. 14

En este caso, por las razones anteriormente expuestas, una catenaria (la de equilibrio estable y mayor parámetro) tendrá su vértice a la izquierda de A y por debajo de este punto; la otra catenaria (la de equilibrio inestable y menor parámetro) tendrá su vértice entre A y B por debajo de A.

Una vez determinado, por el examen de la expresión:

$$\mathrm{CH}\,\frac{b'}{m} - 1 \gtreqless \frac{k'}{m};$$

y supuesto que no se verifica la igualdad, en cuyo caso el parámetro m ensayado sería el de una de las catenarias, la de equilibrio estable, con el vértice en A; veamos cómo debe procederse para llegar mediante tanteos a la determinación de los dos valores de m que corresponden a las catenarias de equilibrio.

Primer caso.—Supongamos que con el valor de m que se ensaya se verifica que:

$$\mathrm{CH}\,\frac{b'}{m} - 1 > \frac{k'}{m};$$

en este caso sabemos que los dos valores del parámetro correspondiente a las dos catenarias de equilibrio, además de ser menores que $\frac{Q}{p}$, están situados como corresponde a las dos catenarias, entre A y B.

El valor de cada uno de estos parámetros tendrá evidentemente que verificar la ecuación:

$$\mathrm{Arg\,CH}\left[\frac{Q}{pm} + \frac{k'}{m}\right] + \mathrm{arg\,CH}\,\frac{Q}{pm} + \frac{b'}{m};$$

ya que el primer miembro corresponde a la diferencia de abscisas entre A y B para el parámetro ensayado y el segundo a la diferencia real de dichas abscisas, siendo ambas cosas una misma en el caso de que m corresponda a una catenaria que teniendo en A la ordenada $\frac{Q}{p}$ pase por B como buscamos.

Segundo caso.—Sin más explicación, fácil es ver que en este caso, por haber una catenaria a la izquierda de A, para ella habrá de verificarse:

$$\mathrm{Arg\,CH}\left[\frac{Q}{pm} + \frac{k'}{m}\right] - \mathrm{arg\,CH}\,\frac{Q}{pm} + \frac{b'}{m};$$

Un ejemplo aclarará todo esto:

Supongamos: $h' = 960 \quad k' = 670 \quad p = 5 \quad Q = 10345$

Busquemos como índice para saber si las dos catenarias caen a la derecha de A o una a la derecha y otra a la izquierda, el valor de tanteo:

$$m = \frac{Q}{p} = \frac{10345}{5} = 2069;$$

según este valor:

$$\mathrm{CH}\,\frac{b'}{m} = \mathrm{CH}\,\frac{960}{2069} = \mathrm{CH}\,0'464 = 1'10959;$$

$$\mathrm{CH}\,\frac{b'}{m} - 1 = 0{,}10959; \quad \frac{k'}{m} = \frac{960}{2069} = 0'32889;$$

y como el primer valor, o sea, el de:

$$\mathrm{CH}\,\frac{b'}{m} - 1 < \frac{k'}{m};$$

estaremos en el segundo caso, y de las dos catenarias, una a la izquierda de A y otra entre A y B, o sea, a la derecha de A.

Entre: $m = 2069$ y $m = 0$, habrá, pues, dos valores de m que verifiquen la ecuación:

$$\text{Arg CH}\left[\frac{Q}{pm} + \frac{k'}{m}\right] + \text{arg CH}\frac{Q}{pm} - \frac{b'}{m} = 0\ ;$$

O llamaremos a la suma de los dos primeros términos A y será cuando el valor de m sea uno de los buscados.

$$A - \frac{b'}{m} = 0\ ;$$

Para fijar la zona en que dichos valores de m se encuentran, jalonémosla mediante el tanteo de:

$m = 2000$; $m = 1500$; $m = 500$; $m = 100$; y será para: $m = 2000$:

$$\frac{k'}{m} = 0'335\ ; \quad \frac{b'}{m} = 0'480\ ; \quad \text{CH}\frac{b'}{m} = 1'11743\ ;$$

$0'335 > 0'11743$; luego: $\frac{k'}{m} > \text{CH}\frac{b'}{m} - 1$; por tanto:

$$A = \text{arg CH}\left(\frac{Q}{pm} + \frac{k'}{m}\right) - \text{arg CH}\frac{Q}{pm} = \text{arg CH}\ (1'0345 + 0'335) - \text{arg CH}\ 1'0345 = 0'835 - 0'262 = 0'573\ ;$$

$$D = \frac{b'}{m} - A = 0'480 - 0'573 < 0$$

$m = 1000$:

$$\frac{k'}{m} = 0'670\ ; \quad \frac{b'}{m} = 0'960\ ; \quad \frac{Q}{pm} = \frac{10.345}{5000} = 2'069\ ,$$

$\text{CH}\frac{b'}{m} = 1'49729$; luego: $\frac{k'}{m} > \text{CH}\frac{b'}{m} - 1$; por tanto:

$$A = \text{arg CH}\ (2'069 + 0{,}670) - \text{arg CH}\ 2'069 = 1'666 - 1'356 = 0'310\ ;$$

$$D = \frac{b'}{m} - A = 0'960 - 0'310 > 0$$

$m = 500$:

$$\frac{k'}{m} = 1'340\ ; \quad \frac{b'}{m} = 1'920\ ; \quad \frac{Q}{pm} = \frac{10345}{2500} = 4'138\ ;$$

$\text{CH}\frac{b'}{m} = 3'48378$; luego: $\frac{k'}{m} < \text{CH}\frac{b'}{m} - 1$; y por tanto:

$$A = \text{arg CH}\ (4'138 + 1'340) + \text{arg CH}\ 4'138 = \text{CH}\ 5'478 + \text{CH}\ 4'138 = 2'385 + 2'098 = 4'483\ ;$$

$$D = \frac{b'}{m} - A = 1'920 - 4'483 < 0\ ;$$

$m = 100$:

$$\frac{k'}{m} = 6'70\ ; \quad \frac{b'}{m} = 9'6\ ; \quad \frac{Q}{pm} = 20'69\ ;$$

No hay que calcular el valor de: $\text{CH}\frac{h'}{m}$; pues si para $m = 500$ se toma el signo más, en la expresión de A, con más motivo se tomará en los inferiores a 500.

$$A = \text{arg CH}\ (20'69 + 6'70) + \text{arg CH}\ 20'69 = 4'00 + 3'72 = 7'72\ ;$$

$$D = 9{,}6 - 7'72 > 0$$

Con esto quedan determinados dos intervalos, en cada uno de los cuales se halla uno de los valores de m correspondientes a la catenaria de equilibrio sin sobrecarga. Uno de estos valores está comprendido entre 1.000 y 2.000 y corresponde a la catenaria de equilibrio estable con su vértice fuera del intervalo *A-B* y el otro comprendido entre 100 y 500 corresponde a la catenaria de equilibrio inestable. El primer valor ya se aproximó en otro lugar, obteniéndose $m = \approx 1918$.

Para aproximar el otro pongamos:

$m = 150$:

$$\frac{k'}{m} = \frac{670}{150} = 4'46\ ; \quad \frac{b'}{m} = \frac{960}{150} = 6'40\ ;$$

$$\frac{Q}{pm} = \frac{10345}{750} = 13'79\ ;$$

$$A = \text{arg CH}\ (13'79 + 4'46) + \text{arg CH}\ 13'79 = 3'59 + 3'32 = 6'91$$

$$D = 6'40 - 6'91 < 0$$

y por tanto $m < 150$.

$m = 125$:

$$\frac{k'}{m} = 5'36\ ; \quad \frac{b'}{m} = 7'68\ ; \quad \frac{Q}{pm} = \frac{10345}{625} = 16'522\ ;$$

$$A = \text{arg CH}\ (16'552 + 5'36) + \text{arg CH}\ 16'552 = 3'78 + 3'50 = 7'28\ ;$$

$$D = 7'68 - 7'28 > 0 \qquad \text{luego: } m > 125$$

$m = 135$:

$$\frac{k'}{m} = 4'96\ ; \quad \frac{b'}{m} = 7'11\ ; \quad \frac{Q}{pm} = \frac{10345}{675} = 15'32\ ;$$

$$D = 7'11 - 7'12 = \approx 0\ ; \quad \text{luego el parámetro es:}$$

$$m = \sim 135$$

En este ejemplo la catenaria sin sobrecarga y de equilibrio estable correspondiente al parámetro $m = 1918$ en que: $\frac{k'}{m} > \text{CH}\frac{h'}{m} - 1$; tiene como consecuencia, según dijimos, el vértice fuera del tramo.

Pero puede ocurrir que con los valores de h', k', Q y p dados resulten las dos catenarias de equilibrio con el vértice dentro del tramo; esto ocurre evidentemente cuando $k' = 0$ y en general cuando: $\frac{k'}{h'}$ sea pequeño y el contrapeso no muy grande, pudiéndose, como es natural, según lo que llevamos dicho, cifrar para cada caso, a la vista de los datos, el valor del peso Q para que ocurra una u otra cosa.

En lugar de tener que calcular: $\text{CH}\,\dfrac{h'}{m}$ antes de estudiar o ensayar cada valor de m y ver si se verifica la desigualdad:

$$\text{CH}\,\frac{b'}{m} - 1 \gtrless \frac{k'}{m}\ ;$$

se puede resolver la ecuación:

$$\frac{k'}{m} = \text{CH}\,\frac{b'}{m} - 1 \quad \text{(I)}$$

Hallado el valor de m que verifica la ecuación y al que llamaremos $\overline{m}$, si el valor de m que ensayamos para calcular el parámetro de las catenarias sin sobrecarga es: $\dfrac{\text{mayor}}{\text{menor}}$ que $\overline{m}$, se pondrá el signo $\pm$ delante de: $\arg\,\text{CH}\,\dfrac{Q}{pm}$; y el signo $\mp$ en la expresión de A.

La ecuación (I) tiene sólo una raíz, pues la forma de la función:

$$z = \text{CH}\,\frac{b'}{m} - 1 - \frac{k'}{m}\ ;$$

es la que indica la figura adjunta con un mínimo para el valor que haga cero la derivada de:

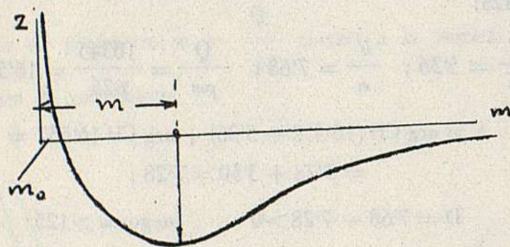


Fig. 15

$$z = \text{CH}\,\frac{b'}{m} - 1 - \frac{k'}{m}\ ; \quad \text{o sea:}$$

$$\text{SH}\,\frac{b'}{m} \times \frac{b'}{m^2} + \frac{k'}{m^2} = 0\ ;$$

$$\text{SH}\,\frac{b'}{m}\,b' = k'\ ; \quad \text{SH}\,\frac{b'}{m} = \frac{k'}{b'}\ ;$$

y poniendo esta igualdad bajo la forma:

$$\frac{b'}{m} = \arg\,\text{SH}\,\frac{k'}{b'}\ ; \quad m_0 = \frac{b'}{\arg\,\text{SH}\,\dfrac{k'}{b'}}\ ;$$

Además puede asegurarse que la raíz de la (I) es menor que el valor de m que hace mínimo la función o sea menor que m_0 o sea, menor que:

$$\frac{b'}{\arg\,\text{SH}\,\dfrac{k'}{b'}}$$

es decir, inferior a:

$$\frac{b'}{\arg\,\text{SH}\,\dfrac{k'}{b'}} = \frac{b'}{\arg\,\text{SH}\,0'6979} = 1029'2\ ;$$

es decir, inferior a 1030.

m	$\text{CH}\,\dfrac{b'}{m}$		$1 + \dfrac{k'}{m}$
1030	0,932	$<$	1,650
1000	1,497	$<$	1,670
500	3,480	$>$	2,340
800	1,810	$<$	1,83
700	2,0947	$>$	1,957
750	1,9373	$>$	1,893
775	1,869	$\sim$	1,86

Luego $\overline{m}_{\max} = \sim 775$, habiendo calculado ~ 780 en otro lugar.

Para fijar las ideas y aclarar gráficamente el procedimiento seguido para situar entre los puntos A y B, empleando un hilo de peso dado por unidad de longitud, una catenaria de tensión en A fija, o sea, para determinar la catenaria que con un hilo dado se formará entre A y B si en A colocamos un contrapeso previamente determinado, acompañamos la adjunta figura en la que están determinados los datos necesarios.

Si suponemos una catenaria de parámetro cero que pase por A y que tenga en este punto la tensión prefijada de 10.345 kgs., dicha catenaria estará representada por dos rectas confundidas en una sola vertical OA, y OX será la base de dicha catenaria, cuyo parámetro es cero.

Si ahora, sin variar el valor del contrapeso, vamos aumentando el parámetro de las sucesivas catenarias que pasan por A y tienen en este punto una tensión constante para todas ellas, igual a 10.345 kgs., obtendremos una serie de catenarias cuyos vértices situados a la izquierda de la vertical O-A (hubiéramos podido elegir igualmente la derecha) van separándose de esta línea hasta un máximo para volver a acercarse a ella y terminar por situarse dicho vértice móvil en el punto A, dando la catenaria I de parámetro máximo entre todas las de la serie, siendo 2069 el valor de este parámetro.

Si ahora, y por el lado derecho de OA, hacemos descender los vértices de las catenarias, reproduciremos la trayectoria, en sentido inverso, seguida para llegar del vértice situado en O al vértice situado en A cuando subíamos por el lado izquierdo.

Todos los vértices de las catenarias del lado izquierdo de OA estarán envueltos por la línea O a A formada uniendo los puntos de intersección de la paralela a OX que diste de ella una longitud igual al parámetro elegido, con la circunferencia trazada desde A con una longitud igual a la distancia del punto A al vértice de la catenaria correspondiente.

Como sabemos que al no variar el contrapeso Q todas las catenarias tienen la misma base, o sea, que AO es constante, fácil será obtener el valor de la longitud existente entre el vértice de cada catenaria y el punto A una vez conocido el parámetro, ya que sabemos que: —— $y^2 = m^2 + 1^2$, siendo $y = OA$.

En la figura hemos hecho la construcción para un parámetro Ob que hemos llevado a Ob' y de b' hemos trazado una horizontal hasta su encuentro con la circunferencia trazada desde A con

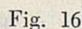


Fig. 16

Escala: 1:20.000.
h' = 960 metros.
k' = 6'70 metros.
p = 5 kgs. m. l.
I catenaria m = 2069 tanteo.
II catenaria m = 1034,5 intermedia.
III catenaria m = 1918 estable.
IV catenaria m = 135 inestable.

$$\text{Ordenada A} = \frac{10345}{5} = 2069.$$

radio Ab, lo que nos permite determinar en b'' uno de los puntos de la curva que envuelve las posiciones de los sucesivos vértices de las catenarias de que tratamos. Es natural que a la derecha de OA habrá una curva simétrica de O a A que envolverá las posiciones de los vértices de la derecha.

La curva $\overline{\text{O a A}}$ que envuelve las sucesivas posiciones de los vértices de las infinitas catenarias que pasando por A y con un peso por m. l. = 5 kgs. tienen en dicho punto A una tensión constante e igual a 10.345 kgs., es una elipse cuyo eje menor es $\overline{\text{AO}}$.

Analíticamente puede esto demostrarse, ya que si nos referimos a los ejes OX y OA y llamamos x a las rectas análogas a b' b''

y designamos por y a las análogas a Ob', tendremos llamando: $k = OA$.

$$\overline{b'' b'^2} = \overline{b'' A^2} - \overline{b' A^2}\ ;\quad x^2 = 1^2 - (k-y)^2\ ;\quad x^2 + k^2 + y^2 - 2ky = 1^2\ ;\quad x^2 + k^2 + y^2 - 2ky = k^2 - y_2\ ;$$

$$x^2 + 2y^2 - 2ky = 0$$

y como en la ecuación general de segundo grado que es:

$$Ax^2 + Bxy + Cy^2 + Dx + Ey + F = 0$$

la condición para representar una elipse es que:

$$B^2 - 4AC < 0$$

y esta condición se verifica aquí porque $B < 0$, habremos demostrado lo pretendido.

Geométricametne se llega a la misma conclusión si nos fundamos en la conocida propiedad de la elipse que nos dice ser constante e igual a la relación de los ejes de dicha curva, la relación que existe entre sus ordenadas y las del círculo trazo sobre el eje de las abscisas.

Con esto, y fundados en ello, tendremos:

$$\frac{b''' b'}{b'' b'} = K = \text{constante},$$ si la curva que envuelve las posiciones es una elipse:

$$b''' b' = \sqrt{b' A \,.\, O b'}\ ;$$

$$\overline{b'' b'^2} = \overline{b'' A^2} - \overline{b' A^2} = \overline{b A^2} - \overline{b' A^2} = \overline{OA^2} - \overline{Ob^2} - \overline{b' A^2} = \overline{OA^2} - \overline{Ob'^2} - \overline{b' A^2} = (Ob' + b' A)^2 - \overline{Ob'^2} - \overline{b' A^2} = 2\, \overline{Ob'} \times \overline{b' A}\ ;\quad \overline{b'' b'} = \sqrt{2}\, \sqrt{Ob' \,.\, b' A}\ ;$$

$$\frac{\overline{b''' b'}}{\overline{b'' b'}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} = \text{constante.}$$

Si en la ecuación que anteriormente hemos deducido para la representación de la elipse referida a los ejes: $\overline{OX}$ y $\overline{OA}$, cambiamos de eje de las X llevándolo al centro de la circunferencia y llamamos X e Y a las nuevas coordenadas, tendremos:

$$X = x\ ;\quad Y = y - \frac{k}{2}\ ;\quad y = Y + \frac{k}{2}\ ;$$

y la ecuación, una vez hecha, la substitución será:

$$X^2 + 2\left(Y + \frac{k}{2}\right)^2 - 2k\left(Y + \frac{k}{2}\right) = 0\ ;$$

$$X^2 + 2Y^2 + \frac{k^2}{2} + 2kY - 2kY - k^2 = 0\ ;$$

$$X^2 + 2Y^2 = \frac{k^2}{2};\quad \frac{X^2}{\frac{k^2}{2}} + \frac{Y^2}{\frac{k^2}{4}} = 1\ ;$$

o bien:

$$\frac{X^2}{\left(\frac{k}{\sqrt{2}}\right)^2} + \frac{Y^2}{\left(\frac{k}{2}\right)^2} = 1\ ;$$

ecuación de una elipse referida a su centro y ejes de simetría, siendo el valor de estos ejes:

$$\text{Eje mayor} = \frac{2k}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}\, k$$

$$\text{Fje menor} = 2\,\frac{k}{2} = k$$

Si llamamos d a la distancia existente entre el punto de encuentro de las sucesivas catenarias con la horizontal trazada por B y tomamos esta distancia, dividida por m, como positiva cuando B está situado a la derecha del encuentro, y como negativa cuando B está situado a la izquierda de dicho encuentro, el valor de $\frac{d}{m}$ será lo que anteriormente hemos llámado diferencia D.

Para ver gráficamente traducido el modo de operar expuesto aquí atrás, con objeto de hallar las catenarias de equilibrio, empezaremos por suponer la catenaria en A con parámetro 2069 en nuestro caso, y si el punto de encuentro a que nos acabamos de referir deja B a su izquierda (como ocurre en la figura), una de las catenarias, la de equilibrio estable, tendrá su vértice a la izquierda de OA y la otra a la derecha.

Si el punto de encuentro deja el punto B a su derecha, las dos catenarias de equilibrio tendrán sus vértices a la derecha de OA.

La expresión del valor de D cuando las catenarias tienen su vértice a la izquierda de OA es:

$$D = \frac{b'}{m} = \left[\text{Arg CH}\left(\frac{Q}{pm} + \frac{k'}{m}\right) - \text{arg CH}\,\frac{Q}{pm}\right];$$

Cuando las catenarias tienen su vértice a la derecha de OA la expresión de D es:

$$D = \frac{b'}{m} - \left[\text{Arg CH}\left(\frac{Q}{pm} + \frac{k'}{m}\right) + \text{arg CH}\,\frac{Q}{pm}\right];$$

En el caso de que B caiga a la izquierda del punto de encuentro de la catenaria con vértice en A con la horizontal de B (caso de la figura), si consideramos a D función de m, podremos observar que en la serie de catenarias de que hemos hablado se verificará, para $m = 0$ ——— $D = \frac{h'}{m}$

Para m creciente hasta $m = 1918$ ——— D positivo decreciente.
para $m = 1918$ ——— $D = 0$
para $m = 2069$ ——— $D < 0$
para $m = 135$ ——— $D = 0$
para $m = 0$ ——— $D = \frac{b'}{m}$

La representación gráfica del fenómeno está en la figura adjunta.

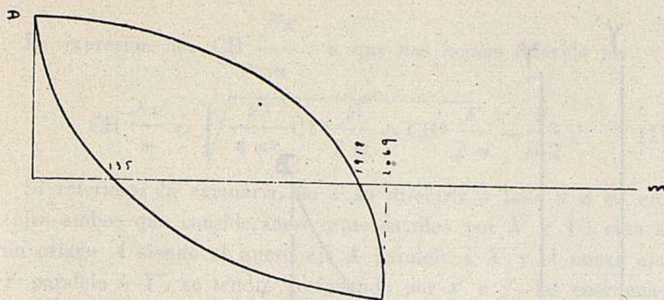


Fig. 17

En el caso de que B caiga a la derecha del punto de encuentro de la catenaria con vértice con la horizontal de B; si consideramos a D como función de m, podremos observar que en la serie de catenarias de que hemos hablado, se verificará:

Para $m = O$ ——— $D = \frac{h'}{m}$

para m creciente hasta 2069 ——— D positivo decreciente.

para $D = 2069$ ——— $D > O$

para los valores entre 2069 y O ——— $D < O$

La representación será de la forma indicada en la figura siguiente:

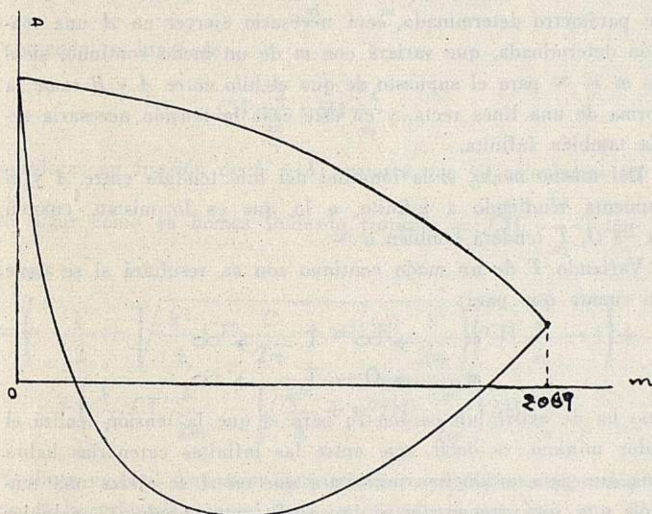


Fig. 18

En el caso de que B caiga en el punto de encuentro de la catenaria con vértice en la horizontal de B; si consideramos a D como función de m, podremos observar que en la serie de catenarias de que hemos hablado se verificará:

Para $m = O$ ——— $D = \frac{h'}{m}$

para $m = 2069$ ——— $D = O$

para $m = O$ ——— $D = \frac{h'}{m}$

La representación gráfica será de la forma indicada en la figura siguiente.

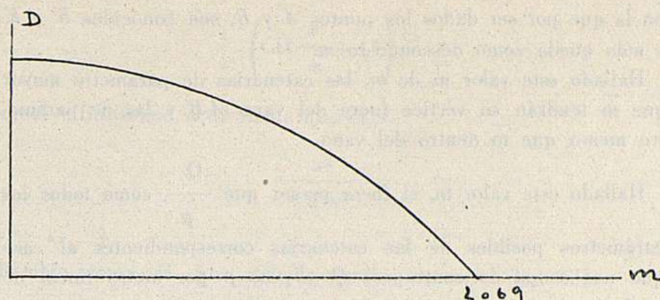


Fig. 19

En la que la curva representa tanto el crecimiento como el decrecimiento de la diferencia D según decrezca o crezca m de O a 2069.

En resumen: Dados dos puntos A y B, si consideramos de longitud variable al hilo que entre ellos se tienda, de modo que esté fijo en B y pase por A donde se aplica una tensión variable, podremos observar lo siguiente:

Poniendo el hilo tenso, cuanto más aumentemos la tensión en A, más se aproximará la catenaria correspondiente a una recta, la recta que une A con B, de modo que cuando la tensión tiende a ∞, la catenaria tenderá a la recta AB, que puede considerarse como catenaria de parámetro infinito.

Si disminuimos la tensión de A, las nuevas catenarias que se formen serán de menor parámetro y de mayor longitud el hilo que las forma.

Si seguimos soltando hilo por A, las catenarias que se formen tendrán parámetros cada vez menores, pero al aumentar la longitud del hilo comprendido entre A y B y por lo tanto su peso total, llegará un momento en que la tensión en A, en lugar de disminuir, aumentará, es decir, que habrá una catenaria para la cual la tensión en A sea la mínima.

La tensión en A a medida que soltemos hilo irá desde entonces aumentando y tenderá a ∞; el parámetro de la catenaria irá siempre disminuyendo y tenderá a cero.

Resulta, pues, que cuando el parámetro $m = \infty$ la catenaria es la recta A-B y la tensión en A es también infinita. Por tanto habrá un parámetro para el cual la tensión sea mínima.

Así, pues, entre los puntos A y B podemos hacer pasar una catenaria de parámetro dado y la tensión en A dependerá del parámetro.

Para $m = \infty$ ——— $T_A = \infty$; para $m = O$ $T_A = \infty$ y habrá un valor para el cual T_A será mínimo.

Dada la tensión en A mayor que la mínima, habrá en consecuencia dos catenarias de equilibrio cuyos parámetros serán, el de la una mayor y el de la otra menor que el de la catenaria de tensión mínima.

La de parámetro mayor será de equilibrio estable y la de menor de equilibrio inestable.

Entre todas las catenarias que pasen por A y B habrá una que tenga el vértice en A y cuyo parámetro vendrá determinado por la ecuación:

$$\frac{k'}{m} = \mathrm{CH}\,\frac{b'}{m} - 1$$

en la que por ser dados los puntos A y B, son conocidos h' y k' y sólo queda como desconocido m.

Hallado este valor $\overline{m}$ de m, las catenarias de parámetro mayor que $\overline{m}$ tendrán su vértice fuera del vano A-B y las de parámetro menor que $\overline{m}$ dentro del vano.

Hallado este valor $\overline{m}$, si fuera mayor que $\dfrac{Q}{p}$, como todos los parámetros posibles de las catenarias correspondientes al caso que nos ocupa de contrapeso Q y peso p por metro lineal de hilo, han de ser menores que $\dfrac{Q}{p}$, serán menores que $\overline{m}$ y por lo tanto, en virtud de lo acabado de indicar, no sólo la catenaria de equilibrio inestable, sino la de equilibrio estable (ya que la de equilibrio inestable tiene siempre su vértice dentro del vano) tendrá su vértice dentro del vano.

Para resolver mediante tablas la ecuación:

$$\frac{k'}{m} = \mathrm{CH}\,\frac{b'}{m} - 1 :$$

o sea, para hallar el parámetro de la catenaria que pasando por A y B tenga su vértice en A podemos hacer:

$$\frac{b'}{m} = x\ ;\quad \frac{k'}{m} = \frac{k'}{b'}\,x\ ;\ \mathrm{CH}\,x - 1 = \frac{k'}{b'}\,x\ ;$$

con lo que se calculará fácilmente x y después m que es igual a $\dfrac{h'}{x}$.

Ejemplo:

$$b' = 960\ ;\ k' = 670;\ \frac{k_{\prime}}{b'} \cong 0\ 698 = 0{,}7$$

con lo que las tablas determinan fácilmente.

x	CH x — 1	0,7 x
1,2	0,81	0,84
1,3	0,97	0,91
1,25	0,888	0,875
1,22	0,84	0,854
1,23	0,85	0,861
1,24	0,872	0,868

$$x \cong 1{,}235\ ;\ m \cong \frac{b'}{1{,}235} = \frac{960}{1{,}235} \cong 777$$

V

NUEVA SOLUCIÓN DE LO TRATADO EN EL CAPÍTULO IV

EQUILIBRIO DE UN HILO FIJO EN UN EXTREMO B Y SOMETIDO EN EL OTRO A A LA TENSIÓN DE UN CONTRAPESO.

Dados dos puntos A y B entre los que existe un desnivel k' y están separados por una distancia horizontal h' supongamos un hilo de peso p por m. l. que está fijo en B y sometido en A a una tensión T variable.

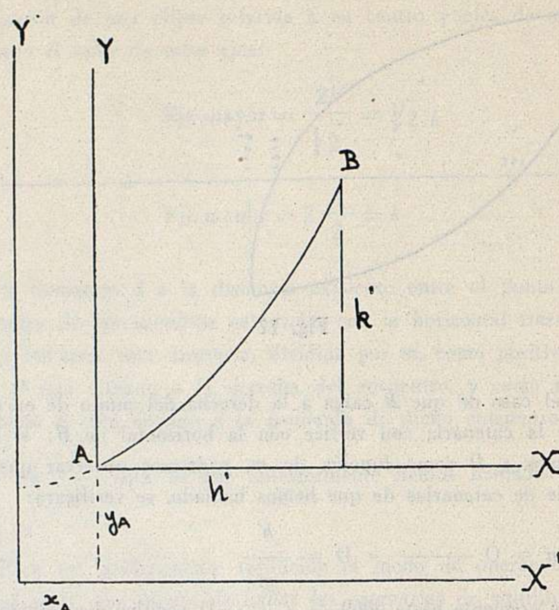


Fig. 20

Según sea la intensidad de esta tensión, la longitud del hilo entre A y B, así como el parámetro de la catenaria que se produzca, variarán, y recíprocamente, para conseguir una catenaria de parámetro determinado, será necesario ejercer en A una tensión determinada, que variará con m de un modo continuo, siendo $m = \infty$ para el supuesto de que el hilo entre A y B tome la forma de una línea recta, y en este caso la tensión necesaria sería también infinita.

Del mismo modo, si la longitud del hilo tendido entre A y B aumenta tendiendo a infinito, o lo que es lo mismo, cuando $m \to O$, T tenderá también a ∞.

Variando T de un modo continuo con m, resultará si se tiene en cuenta que para:

$$m \longrightarrow \infty \quad \mathrm{T} \longrightarrow \infty$$
$$m \longrightarrow \mathrm{O} \quad \mathrm{T} \longrightarrow \infty$$

que ha de existir un parámetro para el que la tensión tendrá el valor mínimo, es decir, que entre las infinitas catenarias habrá una que para producirse necesitará que en A se ejerza una tensión que será menor que la necesaria para producir cualquier otra catenaria de las infinitas que con el mismo hilo de peso p por m. l. pueden suponerse tendidas entre A y B sin más que variar la longitud del hilo.

Al estudiar el caso de un hilo fijo en dos puntos A y B, hemos determinado para la catenaria de parámetro m que pasa por A y B la expresión de:

$$\mathrm{CH}\,\frac{x_A}{m};$$

siendo x_A la abscisa del punto A respecto al eje de la catenaria. La ordenada del punto A respecto de la directriz de la catenaria es:

$$y_A = m\ \mathrm{CH}\,\frac{x_A}{m};$$

según sabemos.

La expresión de: $CH\,\frac{x_A}{m}$; a que nos hemos referido es:

$$CH\,\frac{x_A}{m}=\sqrt{\frac{k'^2}{4\,m^2}\,CT^2\,\frac{b'}{2\,m}+CH^2\,\frac{b'}{2\,m}}-\frac{k'}{m\,2}\,;\qquad(1)$$

Si referimos la catenaria, no a su directriz o base y a su eje (ejes ambos que consideramos representados por X' e Y') sino a un origen A siendo el nuevo eje X paralelo a X' y el nuevo eje Y paralelo a Y', se tendrá designando por x' e y', las coordenadas de un punto de la catenaria respecto a los ejes X' Y', y por x e y las coordenadas del mismo punto con respecto a los ejes X e Y.

$$y'=m\,CH\,\frac{x'}{m}\,;\qquad x'=x+x_A\,;\qquad y'=y+y_A$$

$$y+y_A=m\,CH\,\frac{x+x_A}{m}\,;\qquad y_A=m\,CH\,\frac{x_A}{m}\,;$$

$$y=m\left(CH\,\frac{x+x_A}{m}-CH\,\frac{x_A}{m}\right)-m\left(CH\,\frac{x}{m}\,CH\,\frac{x_A}{m}+\right.$$

$$\left.+\,SH\,\frac{x}{m}\,SH\,\frac{x_A}{m}\right)-m\,CH\,\frac{x_A}{m}=m\,CH\,\frac{x_A}{m}\left(CH\,\frac{x}{m}-1\right)+$$

$$+\,m\,SH\,\frac{x}{m}\,SH\,\frac{x_A}{m}\,;$$

y poniendo en lugar de:

$$CH\,\frac{x_A}{m}\ \text{y}\ SH\,\frac{x_A}{m}\,;$$

sus valores en función de h' y k' (valores que ya calculamos en otro lugar como ya hemos indicado respecto a: $CH\,\frac{x_A}{m}$) tendremos:

$$y=\left(-\frac{k'}{2}+\sqrt{\frac{k'^2}{4}\,CT^2\,\frac{b'}{2m}+m^2\,CH^2\,\frac{b'}{2m}}\right)\left(CH\,\frac{x}{m}-1\right)+$$

$$+\left(\frac{k'}{2}\,CT\,\frac{b'}{2m}-\sqrt{\frac{k'^2}{4}+m^2\,SH^2\,\frac{b'}{2m}}\right)SH\,\frac{x}{m}$$

Y ahora es fácil demostrar que cuando $m\to\infty$, esta expresión (que da la ordenada general de la catenaria que pasa por A y B referida a los ejes X e Y, se reduce a:

$$y=\frac{k'}{b'}\,x\,;$$

es decir, a la ecuación de la recta A-B.

Para ello tendremos:

$$\sqrt{\frac{k'^2}{4}\,CT^2\,\frac{b'}{2\,m}+m^2\,CH^2\,\frac{b'}{2\,m}}=$$

$$=\sqrt{\frac{k'^2}{4}\,CH^2\,\frac{b'}{2\,m}+m^2\,CH^2\,\frac{b'}{2\,m}\,SH^2\,\frac{b'}{2\,m}}=SH\,\frac{b'}{2\,m}$$

Como $\frac{x}{m}$ es infinitamente pequeño al tender $m\to\infty$ podremos substituir:

$$\left(CH\,\frac{x}{m}-1\right)$$

por el infinitésimo equivalente que es:

$$\frac{x^2}{L\,2\,m^2}$$

obtenido como se sabe del desarrollo en serie de: $CH\,\frac{x}{m}$ a cuyo desarrollo se resta la unidad y se desprecian los términos siguientes al primero por ser infinitamente pequeños de orden superior.

Análogamente substituiremos: $SH\,\frac{b'}{2\,m}$ que es infinitamente pequeño al tender $m\to\infty$ por el infinitésimo equivalente que es $\frac{b'}{2\,m}$, y tendremos:

$$\lim_{m\to\infty}\sqrt{\frac{k'^2}{4}\,CT^2\,\frac{b'}{2\,m}+m^2\,CH^2\,\frac{b'}{2\,m}}\left(CH\,\frac{x}{m}-1\right)=$$

$$=\lim_{m\to\infty}\frac{\sqrt{\frac{k'^2}{4}+m^2\,\frac{b'^2}{4\,m^2}}}{\frac{b'}{2\,m}}\,\frac{x^2}{L\,2\,m^2}=$$

$$=\lim_{m\to\infty}\frac{\sqrt{k'^2+b'^2}}{\frac{b'}{m}}\,\frac{x^2}{L\,2m^2}=$$

$$=\lim\frac{\sqrt{k^2+b'^2}}{b'}\,\frac{x^2}{L\,2m}=0$$

$$\text{Análogamente}\ \lim_{m\to 0}\sqrt{\frac{k'^2}{4}+m^2\,SH^2\,\frac{b'}{2m}}\,SH\,\frac{x}{m}=$$

$$=\lim_{m\to\infty}\sqrt{\frac{k'^2}{4}+m^2\,\frac{b'^2}{4m^2}}\,\frac{x}{m}=\lim_{m\to\infty}\frac{\sqrt{k'^2+b^2}}{2}\,\frac{x}{m}=0$$

Queda por hallar:

$$\lim_{m\to\infty}\frac{k'}{2}\,CT\,\frac{b'}{2m}\,SH\,\frac{x}{m}=\lim_{m\to\infty}\frac{k'}{2}\,\frac{CH\,\frac{b'}{2m}}{SH\,\frac{b'}{2m}}\,SH\,\frac{x}{m}=$$

$$=\lim_{m\to\infty}\frac{k'}{2}\,\frac{1}{\frac{b'}{2m}}\,\frac{x}{m}=\frac{k'}{b'}\,x\,;$$

luego cuando $m\to\infty$, $\lim y=\frac{k'}{b'}\,x$ o sea, la recta que pasa por A y por B.

Pero volviendo a la expresión de $CH\,\frac{x_A}{m}$ que nos permite determinar la tensión en A correspondiente a la catenaria de parámetro m.

$$T = p\,y_A = p\,m\,\mathrm{CH}\,\frac{x_A}{m} = p\left(-\frac{k'}{2} + \sqrt{\frac{k'^2}{2}\,\mathrm{CT}^2\,\frac{h'}{2m} + \sqrt{m^2\,\mathrm{CH}^2\,\frac{h'}{2m}}}\right); \qquad (2)$$

podemos comprobar lo que indicábamos antes, o sea, que cuando $m \to \infty$ ... $T \to \infty$ y que cuando $m \to 0$ ... $T \to \infty$ también.

Basta para ello tener en cuenta que cuando $m \to \infty$ ... $\mathrm{CT}\,\frac{h'}{2m} \to \infty$, y $\mathrm{CH}\,\frac{h'}{2m} \to 1$, con lo cual el radical y por lo tanto T tenderá a ∞, y que cuando $m \to 0$ ... $\mathrm{CT}\,\frac{h'}{2m} \to 1$ y, $m\,\mathrm{CH}\,\frac{h'}{2m}$ tiende como hemos demostrado en otro lugar (caso análogo al considerado cuando $k' = 0$) a ∞.

Siendo infinita la tensión para los valores extremos de m, habrá, según se ha indicado, un valor de m para el que la tensión necesaria para producir la catenaria correspondiente a dicho parámetro sea menor que la necesaria para producir una cualquiera de las infinitas catenarias que con el mismo hilo pueden suponerse pasando por A y B.

Para determinar el parámetro de esta catenaria, habrá que hallar el valor de m_0 de m que haga mínimo la expresión (2) de T, que será el que anule la derivada de T y, por tanto, el que anule la derivada de la cantidad subradical. Designando por:

$$X \text{ el } \mathrm{CH}^2\,\frac{h'}{2m};$$

la cantidad subradical se podrá escribir así:

$$\frac{k'^2}{4}\,\frac{X}{X-1} + m^2 X$$

que derivada con relación m y designando por X' la derivada de X respecto de m, da:

$$\frac{k'^2}{4}\,\frac{(X-1)X' - XX'}{(X-1)^2} + 2\,m\,X + m^2 X' = -\frac{k'^2}{4}\,\frac{X'}{(X-1)^2} + 2\,m\,X + m^2 X'$$

$$\text{Pero:}\quad X' = \left(2\,\mathrm{CH}\,\frac{h'}{2m}\,\mathrm{SH}\,\frac{h'}{2m}\right)X - \frac{h'}{2m^2} = -\frac{h'}{m^2}\sqrt{X}\,\sqrt{X-1}$$

luego la derivada de la cantidad subradical puede escribirse así:

$$\frac{k'^2\,h'}{4m^2}\,\frac{\sqrt{X}\,\sqrt{X-1}}{(X-1)^2} + 2\,m\,X - h'\sqrt{X}\,\sqrt{X-1} = \frac{k'^2\,h'}{4m^2}\,\frac{\sqrt{X}}{(X-1)\sqrt{X-1}} + 2\,m\,X - h'\sqrt{X}\,\sqrt{X-1}$$

Igualando a cero esta expresión nos da la ecuación:

$$h'\,k'^2\,\sqrt{X} + 8\,m^3\,X\,(X-1)\,\sqrt{X-1} - 4\,m^2\,h'\,\sqrt{X}\,(X-1)^2 = 0$$

es decir:

$$h'\,k'^2 + 8\,m^3\,\sqrt{X}\,(X-1)\,\sqrt{X-1} - 4\,m^2\,h'\,(X-1)^2 = 0$$

y como:

$$X = \mathrm{CH}^2\,\frac{h'}{2m}$$

$$h'\,k'^2 + 8\,m^3\,\mathrm{CH}\,\frac{h'}{2m}\,\mathrm{SH}^3\,\frac{h'}{2m} - 4\,m^2\,h'\,\mathrm{SH}^4\,\frac{h'}{2m} = 0$$

$$h'\,k'^2 - 4\,m^2\left(\mathrm{SH}^3\,\frac{h'}{2m}\right)\left[h'\,\mathrm{SH}\,\frac{h'}{2m} - 2\,m\,\mathrm{CH}\,\frac{h'}{2m}\right] = 0$$

$$h'\,\mathrm{SH}\,\frac{h'}{2m} - 2\,m\,\mathrm{CH}\,\frac{h'}{2m} = \frac{h'\,k'^2}{4\,m^2\,\mathrm{SH}^3\,\frac{h'}{2m}} = 0$$

$$\frac{h'}{2m}\,\mathrm{TH}\,\frac{h'}{2m} - 1 = \frac{h'\,k'^2}{8\,m^3\,\mathrm{SH}^3\,\frac{h'}{2m}\,\mathrm{CH}\,\frac{h'}{2m}} = 0$$

y llamando:

$$x = \frac{h'}{2m} \quad \text{de donde} \quad m\,\frac{h'}{2x} \qquad 8\,m^3 = \frac{h'^3}{x^3} \quad \text{nos da:}$$

$$x\,\mathrm{TH}\,x - 1 = \frac{h'\,k'^2}{\frac{h'^3}{x^3}\,\mathrm{SH}^3\,x\,\mathrm{CH}\,x}\,; \quad \text{es decir;}$$

$$x\,\mathrm{TH}\,x - 1 = \frac{k'^2\,x^3}{h'^2\,\mathrm{SH}^3\,x\,\mathrm{CH}\,x} \qquad (3)$$

Ahora bien, el primer miembro de esta ecuación es evidentemente una función creciente para valores positivos y crecientes de x por serlo x y $TH\ x$.

Para $x = 0$, el primer miembro vale -1 y para $m \to \infty$ ... tiende a ∞, y como acabamos de decir que es constantemente creciente, será, por tanto, de la forma indicada en la figura.

El segundo miembro de dicha ecuación es, por el contrario, una función decreciente para valores positivos y crecientes de x, pues: $\frac{x}{\mathrm{SH}\,x}$ es decreciente y análogamente lo es: $\frac{1}{\mathrm{CH}\,x}$.

Para $x \to 0$ tiende el segundo miembro a h'^2 y para $x \to \infty$ tiende a cero y como acabamos de decir que es constantemente decreciente, tendrá una forma como la indicada en la figura.

Resulta como consecuencia que la ecuación (3) tiene siempre una raíz positiva y sólo una.

Determinada esta raíz (x) quedará determinado el valor de m por la relación $m = \frac{h'}{2\,x}$ y éste será el valor de m que hace mínimo el valor de la tensión.

Con esto queda demostrado que la expresión de T como función de m sólo tiene un mínimo, que se determinará hallando la raíz x_0 de (3), lo que nos permitirá conocer el valor de m que substituído en (2) nos dará el valor de la tensión mínima.

Por otra parte, como hemos indicado que la expresión (2) de T considerada como función de m toma el valor ∞ para $m = 0$ y

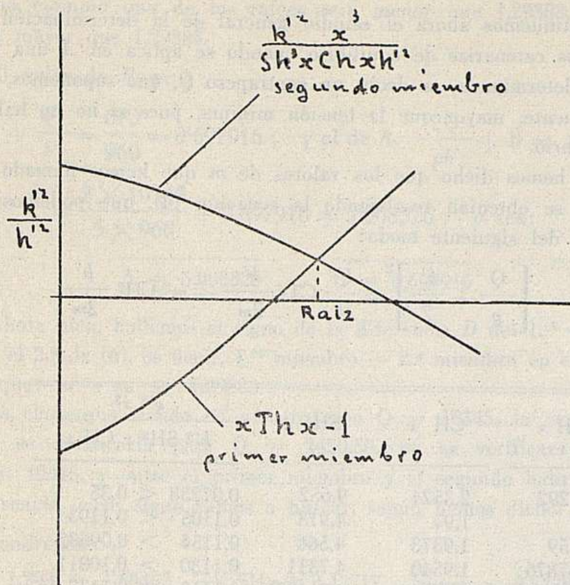


Fig. 21

para $m = \infty$, y acabamos de ver que no hay más que un mínimo, porque si bien al anularse la derivada el valor que la anula podría corresponder a un máximo o a un mínimo de la función, como no hay más que uno (máximo o mínimo), y la función puede tomar valores tan grandes como se quiera para valores de x mayores y menores que el que corresponde al mínimo, estamos fuera de la posibilidad de un máximo y podemos afirmar que el x_0 hallado corresponde a un mínimo de la función.

Para cada valor de T habrá dos valores de m, siempre que T sea superior al valor mínimo.

Para el valor mínimo de T habrá un solo valor de m, y para valores menores de T que ese valor mínimo no habrá ningún valor de m, o sea, que con la tensión dada será imposible tender entre los dos puntos dados una catenaria con el hilo suministrado.

Es decir, que para una tensión dada, superior al mínimo, habrá dos catenarias de equilibrio determinadas por los dos valores de m correspondientes. Una de estas catenarias será de equilibrio estable y la otra de inestable.

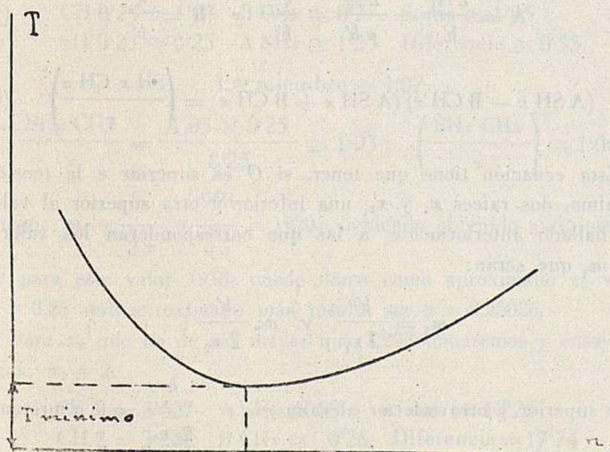


Fig. 22

En el caso límite de tener la tensión dada, el valor mínimo sólo habrá una configuración de equilibrio que llamaremos semiestable, pues encontrándose el hilo en esta posición, con un contrapeso en A igual a la tensión mínima, si se da al hilo un pequeño impulso o se le somete a un desplazamiento hacia arriba y se le abandona en seguida a sí mismo, vuelve a la posición primitiva y en ella permanece si se supone anulada la inercia al llegar a dicha posición; pero si el impulso o desplazamiento se efectúa hacia abajo, se precipitará el hilo hacia abajo arrastrando el contrapeso.

Considerando, por tanto, un contrapeso Q mayor que la tensión mínima, habrá dos configuraciones de equilibrio que quedarán determinadas por los parámetros m_1 y m_2 respectivos, que serán las raíces de la ecuación:

$$Q = p\left(-\frac{k'}{2} + \sqrt{\frac{k'^2}{4}\,\mathrm{CT}^2\,\frac{b'}{2m} + m^2\,\mathrm{CH}^2\,\frac{b'}{2m}}\right) \qquad (4)$$

La raíz mayor será m_1, que corresponde al parámetro de la catenaria de equilibrio estable, y la raíz menor será m_2, que corresponde al parámetro de la catenaria de equilibrio inestable, siendo $m_1 > m_0 > m_2$ y m_0 el parámetro correspondiente a la catenaria de tensión mínima.

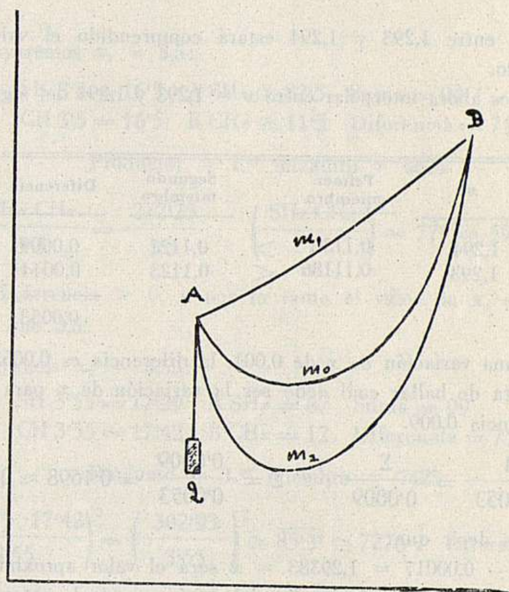


Fig. 23

Antes de seguir este estudio determinemos en el ejemplo de que nos hemos servido frecuentemente, el valor m_0 correspondiente al parámetro de la catenaria de tensión mínima para un hilo de peso por unidad previamente fijado.

Los datos son: $h' = 960$; $k = 670$; $p = 5$.

Resolvamos (3) para este caso, en que:

$$\left(\frac{k'}{b'}\right)^2 = 0{\cdot}487$$

Ensayemos $x = 2$ (ya que $x = 1$ hace positivo el segundo miembro y negativo el primero, que es: x TH $x - 1 = 0{,}76159 - 1$ menor que 0, lo cual nos dice que debemos tomar un valor mayor de x como se deduce de observar la figura XXI.

Ensayemos: $x = 2$, se tendrá: TH 2 = 0'96: x TH x = 1'92; x TH $x - 1$ = 0'92; $x^3 = 8$; SH x = 3'6; CH x = 3'8; SH³ x = = 42'87;

$$\frac{k'^2}{b'^2}\ x\ \frac{x^3}{\mathrm{SH}^3\ x\ \mathrm{CH}\ x} \cong 0'49\ x\ \frac{8}{42'87\ x\ 3'8} < 0'92;$$

Basta observar la figura XXI para deducir que cuando el 1.er miembro $\gtrless$ 2.º miembro, el valor de x que estamos ensayando es $\gtrless$ que la raíz; luego en el caso que estamos considerando, el valor $x = 2$ es mayor que la raíz.

Damos a continuación los sucesivos ensayos efectuados:

x	TH x	x TH x	x TH $x - 1$	x^3	SH x	CH x	SH³ x	$\frac{k'^2\ x^3}{b'^2\ \mathrm{SH}^3\ x\ \mathrm{CH}\ x}$
1,5	0,9	1,35	0,35	3,375	2,1292	2,3524	9,652	0,07238 < 0,35
1,3	0,861	1,1193	0,1193	2,197	1,7	1,97	4,913	0,1105 < 0,1193
1,28	0,8565	1,09632	0,09632	2,097	1,659	1,9373	4,566	0,1154 > 0,09632
1,29	0,859	1,10811	0,10811	2,1467	1,67876	1,9540	4,7311	0,1130 > 0,10811
1,295	0,860	1,1137	0,1137	2,171747	1,68855	1,96245	4,81439	0,1119 < 0,1137
1,294	0,86017	1,1130	0,1130	2,16672	1,68659	1,96076	4,79764	0,1121 < 0,1130
1,293	0,85991	1,11186	0,11186	2,16170	1,68463	1,95907	4,78093	0,1123 > 0,11186

Luego, entre 1,293 y 1,294 estará comprendido el valor de x buscado.

Podemos ahora interpolar entre x = 1,293 y 1,294 del siguiente modo:

x	Primer miembro		Segundo miembro	Diferencia
1,294	0,1130	>	0,1121	0,0009
1,293	0,11186	<	0,1123	0,0044
				0,0053

Para una variación de x de 0,001, la diferencia es 0,0053.

Se trata de hallar cuál debe ser la variación de x para anular la diferencia 0,009.

$$\frac{1}{0'0053} = \frac{\Sigma}{0'0009}\ ; \qquad \Sigma = \frac{0'0009}{0'0053} = 0'1698 \approx 0'17$$

podremos decir que:

1,294 — 0,00017 = 1,29383 = x será el valor aproximado de la raíz, y, por lo tanto, el valor del parámetro de la catenaria de tensión máxima será:

$$m_0 = \frac{b'}{2\,x_0} = \frac{960}{2 \times 1'29383} = \frac{960}{2'58766} \approx 371$$

Luego el parámetro correspondiente a la tensión mínima es: $m_0 \cong 371$.

El valor de la tensión se obtendrá substituyendo este valor de m en:

$$p\left(-\frac{k'}{2} + \sqrt{\frac{k'^2}{4}\,\mathrm{CT}^2\,\frac{b'}{2m} + m^2\,\mathrm{CH}^2\,\frac{b'}{2m}}\right) =$$

$$= 5\left[-\frac{670}{2} + \sqrt{355^2\ \mathrm{CT}^2\ 1'29383 + \overline{371}^2\ \mathrm{CH}^2\ 1'29383}\right] =$$

$$= 5 \times 490'1 = 2450'5\ \text{Kgrs.}$$

T mínima = 2450,5 *Kgrs.*

Continuemos ahora el estudio general de la determinación de las dos catenarias de equilibrio cuando se aplica en A una tensión determinada, es decir, un contrapeso Q, que suponemos, naturalmente, mayor que la tensión mínima, pues si no no habría equilibrio.

Ya hemos dicho que los valores de m que hemos llamado m_1 y m_2 se obtenían resolviendo la ecuación (4), que podemos escribir del siguiente modo:

$$\left[\frac{Q}{p} + \frac{k'}{2}\right]^2 = \frac{k'^2}{4}\,\mathrm{CT}^2\,\frac{b'}{2m} + m^2\,\mathrm{CH}^2\,\frac{b'}{2m}$$

o sea, poniendo:

$$A_1 = \frac{Q}{p} + \frac{k'}{2}; \quad y\ \frac{b'}{2m} = x$$

$$A_1{}^2 = \frac{k'^2}{4}\,\frac{\mathrm{CH}^2\ x}{\mathrm{SH}^2\ x} + \frac{b^2}{4\,x^2}\,\mathrm{CH}^2\ x\ ;$$

$$\frac{x^2 \cdot 4\,A_1{}^2}{b'^2\ \mathrm{CH}\ x} - \frac{k'^2}{b'^2}\,\frac{x^2}{\mathrm{SH}^2\ x} = 1\ ;$$

$$\frac{4\,A_1{}^2}{b'^2}\,\mathrm{SH}^2\ x \times \frac{k'^2}{b'^2}\,\mathrm{CH}^2\ x = \left(\frac{\mathrm{SH}\ x\ \mathrm{CH}\ x}{x}\right)^2;$$

$$\left(\frac{2\,A_1}{b'}\,\mathrm{SH}\ x - \frac{k'}{b'}\,\mathrm{CH}\ x\right)\left(\frac{2\,A_1}{b'}\,\mathrm{SH}\ x + \frac{k'}{b'}\,\mathrm{CH}\ x\right) =$$

$$= \left(\frac{\mathrm{SH}\ x\ \mathrm{CH}\ x}{x}\right)^2;$$ es decir, designando por:

$$A = \frac{2\,A_1}{b'} = \frac{2\,Q}{p\,b'} + \frac{k'}{b'} \quad y \quad B = \frac{k'}{b'}\ ; \qquad (5)$$

$$(A\ \mathrm{SH}\ x - B\ \mathrm{CH}\ x)\,(A\ \mathrm{SH}\ x + B\ \mathrm{CH}\ x) = \left(\frac{\mathrm{SH}\ x\ \mathrm{CH}\ x}{x}\right)^2 \qquad (6)$$

Esta ecuación tiene que tener, si Q es superior a la tensión mínima, dos raíces x_1 y x_2, una inferior y otra superior al valor x_0 hallado anteriormente, a las que corresponderán los valores de m, que serán:

$$m_1 = \frac{b'}{2\,x_1} \quad y \quad m_2\,\frac{b'}{2\,x_2}\ ;$$

uno superior y otro inferior al valor $m_0 = \frac{h}{2\ x_0}$, que representa el valor del parámetro de la catenaria de tensión mínima.

En el ejemplo, el valor de x_0 hallado era = 1,29383, luego en

dicho ejemplo una de las raíces será menor que 1,29383, y la otra mayor que 1,29383.

El valor de B es:

$$\frac{k'}{b'} = \frac{670}{960} = 0'697916 \text{ ; y el de } A\text{: } \frac{2Q}{pb'} + B =$$

$$= \frac{2 \times 10345}{5 \times 960} + 9{,}697916 = 5'008326 \text{ ; o sea:}$$

A = 5,008326 B = 0,697916

Ahora bien, hallemos el signo de la diferencia D del 1.er miembro el 2.º de (6), es decir, 1.er miembro — 2.º miembro en el caso de que: $x = x_0 \approx 1{,}29383$.

Es claro que siendo en nuestro caso Q = 10345, la ecuación que se verificaría para Q = 2450,50, no se verificará para Q = 10345, y entre el primer miembro y el segundo habrá una diferencia, cuyo signo vamos a buscar, según hemos dicho.

Tendremos:

SH 1,293 = 1,68463 A SH$x \cong$ 8,43717 Suma = 8,57389
CH 1,293 = 1,95907 B CH$x \cong$ 0,13672 Diferencia = 8,30045

Producto = 1.er miembro = 71,1671;

$$\left(\frac{SHx\ CHx}{x}\right)^2 \cong \left(\frac{1'7 \times 1'9}{1'3}\right)^2 = \left(\frac{3'23}{1{,}3}\right)^2 \approx \overline{2'5^2} =$$

$$= 6'25 \approx 2.^o \text{ miembro}$$

luego 1.er miembro > 2.º miembro; 1.er miembro — 2.º miembro > 0.

Para hallar la raíz inferior a x_0, a la cual hemos llamado x_1, ensayaremos un valor de x menor que x_0; por ejemplo, ensayaremos $x = 1$.

SH 1 $\cong$ 1'2 A SH 1 $\cong$ 6 Suma $\cong$ 7
CH 1 $\cong$ 1'5 B CH 1 $\cong$ 1'05 Diferencia $\cong$ 5

1.er miembro $\cong$ 35

$$\left(\frac{SHx\ CHx}{x}\right)^2 \cong \left(\frac{1'2 \times 1'5}{1}\right)^2 < 1.^{er} \text{ miembro, luego}$$

Diferencia > 0, es decir, que el valor será menor que 1.

Se comprueba fácilmente que x_1 es aproximadamente 0,25.

Pues:

CH 0'25 $\cong$ 1'03 B CH$x \cong$ 0'7 Suma $\cong$ 1'95
SH 0'25 $\simeq$ 0'25 A SH$x \cong$ 1'25 Diferencia $\cong$ 0'55

1.er miembro $\cong$ 1'07

$$\frac{SHx\ CHx}{x} = \frac{1'03 \times 0'25}{0'25} \cong 1'03 \text{ ; } \left(\frac{SHx\ CHx}{x}\right)^2 \cong 1'06$$

luego: $m_1 = \dfrac{h'}{2x} = \dfrac{960}{0{,}5} = 1920$; habiendo obtenido anteriormente para este valor 1918, puede darse como aproximado el valor $x = 0{,}25$ que aproximado más resulta ser $x = 0{,}25026$.

Para x_2 que ha de ser mayor que 1,293 tomaremos y ensayaremos: $x_2 = 2$.

SH 2 = 3'627 A SH$x \cong$ 18 Suma = 18'26
CH 2 = 3'762 B CH$x \cong$ 0'26 Diferencia = 17'74

Producto = 1.er miembro $\cong$ 324

$$\frac{SHx\ CHx}{x} \cong \frac{3'6 \times 3'8}{2} \cong 6 \text{ ; } \left(\frac{SHx\ CHx}{x}\right)^2 \cong 36 \text{ luego } D > 0$$

y como para 1,293 resulta D > 0, será $x_2 > 2$.

Ensayaremos $x_2 = 3$:

SH 3 = 19'01 A SH$x \cong$ 50 Suma = 57
CH 3 = 10'06 B CH$x \cong$ 7 Diferencia = 43

Producto = 1.er miembro $\cong$ 2451

$$\frac{SHx\ CHx}{x} \cong \left(\frac{10 \times 10}{3}\right) \cong 33 \text{ ; } \left(\frac{SHx\ CHx}{x}\right)^2 \cong 1089, \text{ luego}$$

1.er > 2.º Diferencia > 0.

Ensayemos $x = 4$:

SH 4 = 27'29 A SHx = 136 Suma = 155
CH 4 = 27'30 B CHx = 19 Diferencia = 117

Producto = 1.er miembro = 18135

$$\frac{SHx\ CHx}{x} \cong \frac{27 \times 27}{4} = \frac{729}{4} = 182 \text{ ; } \left(\frac{SHx\ CHx}{x}\right)^2 \cong$$

$\cong$ 33124 > 18135; Diferencia < 0.

Luego el valor de x_2 que buscamos está comprendido entre 3 y 4.

Ensayaremos $x_2 = 3{,}5$:

SH 3'5 = 16'5 A SH$x \cong$ 82'5 Suma = 94
CH 3'5 = 16'5 B CH$x \cong$ 11'5 Diferencia = 71

Productor = 1.er miembro = 6674

$$\frac{SHx\ CHx}{3'5} = \frac{272'25}{3'5} \text{ ; } \left(\frac{SHx\ CHx}{x}\right)^2 = \overline{77^2} = 5929 \text{ ;}$$

luego Diferencia > 0, y por lo tanto el valor de x_2 será algo mayor que 3,5.

Ensayemos $x_2 = 3{,}55$:

SH 3'55 = 17'39 A SHx = 87 Suma = 99
CH 3'55 = 17'42 B CHx = 12 Diferencia = 75

Producto = 1.er miembro = 7425

$$\left(\frac{17'39 \times 17'42}{3'55}\right)^2 = \left(\frac{302'93}{3'55}\right)^2 \cong \overline{85'3^2} \cong 7276 \text{ ; Diferencia} > 0$$

Ensayemos $x_2 = 3{,}6$:

SH 3'6 = 18'285 A CHx = 91'4 Suma = 104'2
CH 3'6 = 18'313 B CHx = 12'8 Diferencia = 78'6

Producto = 1.er miembro = 8190

$$\left(\frac{18'29 \times 18'31}{3'6}\right)^2 = \left(\frac{334'89}{3'6}\right)^2 \cong \overline{93^2} \cong 8649$$

Diferencia < 0

Luego el valor que buscamos está comprendido entre: 3,55 y 3,60.

Tomando $x_2 = 3'555$ $\quad m_2 = \dfrac{960}{7'11} \cong 135$;

como se obtuvo anteriormente.

VI

APOYOS DESNIVELADOS. — CARGA INTERMEDIA LIGADA AL HILO QUE TIENE CONTRAPESO EN *A* CUYO VALOR ES *Q*. — POSICIONES SUCESIVAS.— CARGA NO LIGADA AL HILO

Tengamos presente la figura (la grande de variación de *D* cuando varía *m* desde 0 a $\frac{Q}{p}$) y consideremos una sobrecarga ligada al hilo con una abscisa determinada *n* respecto de *A*.

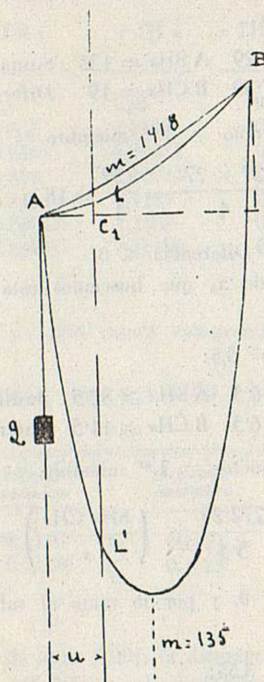


Fig. 24

El hilo descenderá tanto más cuanto mayor sea *P*, pero quedando siempre dentro del límite que fija el segmento L L', cuyos extremos corresponden a configuraciones de equilibrio, en las cuales no puede haber sobrecarga, porque sin ella han sido determinadas.

Una posición intermedia C_1 corresponderá al punto de aplicación de una sobrecarga *P*, que vamos a ver el modo de calcularla, y que producirá una configuración de equilibrio constituída por dos ramas de catenaria del mismo parámetro (porque establecido el equilibrio deben ser iguales las componentes horizontales de las tensiones de las dos ramas de catenaria que concurren en el punto de aplicación de *P*), una rama AC_1 y otra C_1B.

El parámetro de estas catenarias variará con la posición del punto C_1 situado entre L y L', y esta variación, cuando el vértice de la catenaria de equilibrio estable se encuentra a la izquierda de *A*, se efectuará entre $m = 2069$, que es el valor máximo que puede tomar el parámetro en nuestro ejemplo y que corresponde a cuando la rama AC tiene horizontal su tangente en *A* y el parámetro de la catenaria de equilibrio inestable que es en nuestro caso $m = 135$.

Por debajo de L', posición de equilibrio inestable con $P = 0$ no hay posición estable de la catenaria sin sobrecarga y con mayor razón no la hay cuando colocamos una sobrecarga *P* sólo podrá existir con un valor de $P < 0$, o sea, con un empuje hacia arriba, lo mismo que por encima de L sólo podría existir también con un valor $P < 0$, casos ambos que, naturalmente, no nos interesa considerar.

Claro es que como entre *L* y *L'*, *P* variará de un modo continuo para producir sucesivas posiciones del hilo, y en L y L', es nulo el valor de *P*, habrá una posición entre L y L', para la que será máximo el valor de *P*.

Por debajo de esta posición de la catenaria producida por ese valor máximo admisible para *P*, el equilibrio del sistema será inestable, de modo que en realidad sólo nos interesa la oscilación entre $\frac{Q}{p}$ y ese valor, que toma el parámetro igual para las dos catenarias, para el máximo valor de *P* admisible.

En el caso de que la catenaria de equilibrio estable sin sobrecarga tenga su vértice dentro del vano, el valor máximo de *m* será el de esta catenaria y no $\frac{Q}{p}$, o sea, llamando m' y m'' los parámetros de las catenarias de equilibrio sin sobrecarga, las dos ramas de catenaria correspondientes a las configuraciones de equilibrio con sobrecarga oscilarán entre m' y m'', y si llamamos m'' al valor del parámetro correspondiente a las ramas de catenaria en que *P* es máximo (este valor de *P*, así como el de m'' variara con *u*), la oscilación se considera solamente entre m' y m'' para tener en cuenta únicamente las configuraciones de equilibrio estable.

Podríamos, por tanto, resolver el problema siguiente: Fijado un punto C_1 (figura XXV) de abscisa *u* respecto de *A*, y comprendido entre *L* y *L'*, determinar la sobrecarga *P*, que ligada al hilo sería necesaria para que tuviese C_1 como punto de aplicación.

La resolución del problema se haría determinando el parámetro *m* de la rama de catenaria, que pasando por A y C_1 tuviese en *A* la tensión Q. Después, conocido este parámetro, quedaría determinada la rama de catenaria, que teniendo este parámetro pase por los puntos C_1 y B_1, y, por lo tanto, las tensiones en C_1 correspondientes a la rama C_1 B, que con la tensión en A C_1 nos permitirían conocer el peso P_1 que equilibran.

Pero en lugar de fijar *a priori* P_1, fijaremos *m*, es decir, que resolveremos el siguiente problema:

Dados h' k' Q p u m, determinar el valor de *P*.

El valor de *m* que vamos buscando estará comprendido entre 2069 y 135, que son en nuestro caso los valores correspondientes a $\frac{Q}{p}$ y el mínimo para catenarias sin sobrecarga.

En el caso de que las catenarias de equilibrio sin sobrecarga tengan sus vértices dentro del vano, el valor de *m* que buscamos oscilará entre los correspondientes a aquellas catenarias.

En nuestro caso ya hemos dicho que la oscilación total de *m* se verifica entre 2069 y 135, o si sólo se consideran las configu-

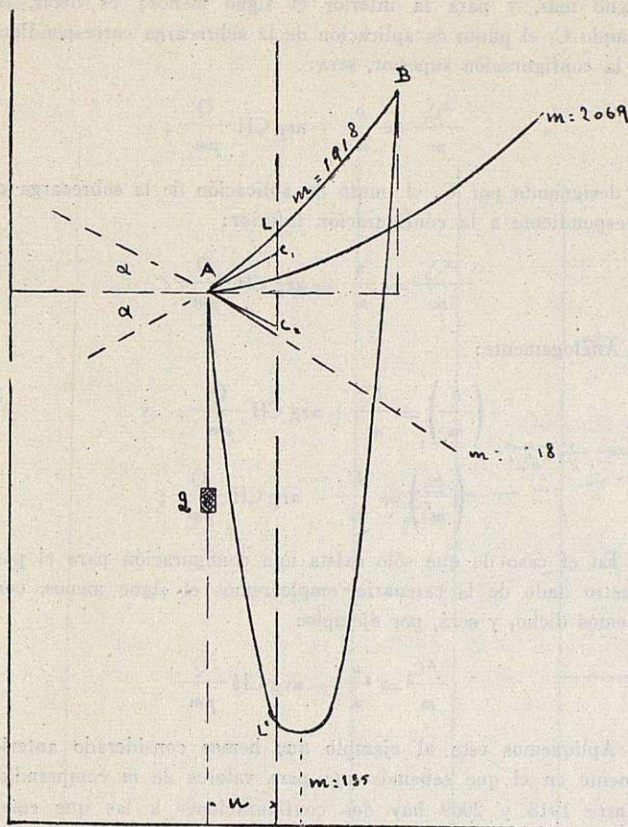


Fig. 25

raciones de equilibrio estable, oscilarán entre 2069 y el valor de m correspondiente al máximo de P.

Pero en lugar de determinar este máximo, igualando a cero la derivada de su expresión, será seguramente preferible determinar los diversos valores de P correspondientes al intervalo L L', y de ellos obtener con cuanta aproximación se desee el valor máximo de P y su punto de aplicación.

Ahora bien, no se crea que a cada valor de m corresponde uno solo de P, pues en el caso de que la catenaria de equilibrio estable sin sobrecarga tenga su vértice fuera del vano, hay dos valores de P distintos con puntos de aplicación distintos C_1 y C_2 para cada valor de m comprendido entre $\frac{Q}{p}$ y el de dicha catenaria, o sea, que en nuestro caso entre 2069 y 1918, pues a cada uno de estos valores corresponden dos ramas de catenaria, que partiendo de A se hallan comprendidos dentro de la zona $A\ L\ B\ L'\ A$, cuyas tangentes en A forman ángulos iguales con la horizontal, una hacia la parte superior y otra hacia la parte inferior.

En efecto: si partimos de la posición de la catenaria *A-B* con parámetro $m = 1918$, a medida que carguemos, con abscisa u constante, pesos crecientes, el parámetro irá creciendo hasta llegar a un máximo $m = 2069$, en que la catenaria tiene en A una tangente horizontal.

A partir de este momento, y hasta llegar a $m = 135$, encontraremos posiciones de equilibrio inestable entre las que se repetirá el parámetro 1918 mediante una carga apropiada, según veremos más adelante.

Nos encontramos, pues, en presencia de dos catenarias, que contándose en A tienen un mismo parámetro y una misma base (por la constancia de Q), luego se trata de una sola y misma catenaria, en la que hemos hecho girar la porción por debajo de A hasta colocarla simétricamente a su posición primitiva con respecto a la vertical en A.

Que los puntos C_1 y C_2 están dentro de la zona $A\ L\ B\ L'\ A$ es cosa evidente por lo dicho, pero nos conviene demostrar, y daremos luego la razón, que la diferencia entre y C_1 — y A disminuye cuando el parámetro aumenta por razón de la variación creciente de P.

Sabemos que:

$$\text{CH}\,\frac{x_A}{m} = \frac{Q}{pm}\,;\quad \text{SH}\,\frac{x_A}{m} = \sqrt{\frac{Q^2}{p^2\,m^2} - 1}\,;$$

$$\frac{y_{C_1} - y_A}{m} = \frac{y_{C_1}}{m} - \frac{y_A}{m} = \text{CH}\,\frac{x_A}{m}\,\text{CH}\,\frac{u}{m} + \text{SH}\,\frac{x_A}{m}\,\text{SH}\,\frac{u}{m} -$$

$$- \frac{Q}{pm}\,; = \text{CH}\,\frac{u}{m}\,\frac{Q}{pm} + \sqrt{\frac{Q^2}{p^2\,m^2} - 1}\,.\,\text{SH}\,\frac{u}{m} - \frac{Q}{pm} -$$

$$- \frac{Q}{pm}\left(\text{CH}\,\frac{u}{m} - 1\right) + \sqrt{\frac{Q^2}{p^2\,m^2} - 1}\,.\,\text{SH}\,\frac{u}{m} = y_{C_1} - y_A =$$

$$= \frac{Q}{pm}\left(\text{CH}\,\frac{u}{m} - 1\right) + \sqrt{\frac{Q^2}{p^2} - m^2}\,\text{SH}\,\frac{u}{m}\,;$$

Cuando m aumenta, disminuye $\text{CH}\,\frac{u}{m}$ y también $\text{SH}\,\frac{u}{m}$, disminuyendo así mismo:

$$\sqrt{\frac{Q^2}{p^2} - m^2}\,;$$

luego disminuye $y_1 - y_A$

De modo que todo aumento de $y_{C_1} - y_A$ va acompañado de una disminución de m; y viceversa cuando disminuye $y_{C_1} - y_A$ aumenta m, luego cuando m alcanza su valor máximo con el parámetro 2069 y la catenaria correspondiente tiene su vértice en A, la diferencia $y_{C_1} - y_A$ será la mínima.

Esto quiere decir que en ese momento los dos puntos C_1 y C_2 coinciden y que sólo empiezan de nuevo a separarse si disminuímos la carga P que actúa.

Determinemos la sobrecarga P (o las sobrecargas) correspondientes a un parámetro dado m.

Sabemos que:

$$\frac{x_C}{m} = \frac{u}{m} \pm \arg\,\text{CH}\,\frac{Q}{pm}\,;$$

(según que el vértice de la catenaria esté fuera o dentro del vano).

$$\frac{k}{m} + 1 = \frac{k'}{m} + \frac{Q}{pm}\,;\quad \frac{b}{m} = \frac{b'}{m} \pm \arg\,\text{CH}\,\frac{Q}{pm}\,;$$

$$\frac{b - x_C}{m} = \frac{b' - u}{m} = \frac{v}{m}\,;$$

Respecto al doble signo ± ya acabamos de decir cuándo y cómo debe emplearse.

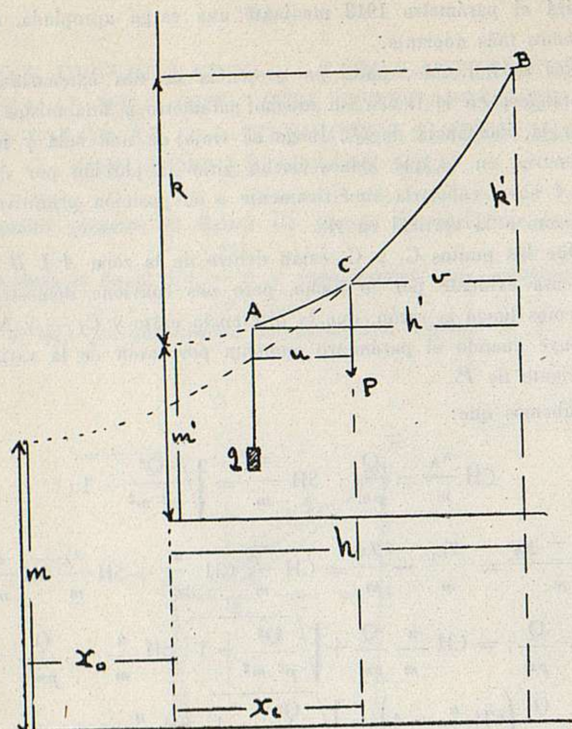


Fig. 26

No se crea que para el valor de m elegido haya de tomarse un signo determinado, pues ya hemos visto que hay casos en que a un mismo valor de m corresponderán dos configuraciones, y entonces se tomará el signo más, al considerarla la configuración más elevada, y el signo menos para la otra.

Véase, por ejemplo, el caso del ejercicio numérico de que venimos ocupándonos, en que para valores de m comprendidos entre 1918 y 2069, y para cada uno de dichos valores comprendidos, existen dos configuraciones.

Para $m < 1918$ sólo existe una configuración.

Entonces, cuando existe una sola configuración, como corresponde a catenaria cuya rama tiene el vértice dentro del vano, se tomará el signo —.

El valor de P según vimos en lugar oportuno, viene dado por:

$$\mathrm{P} = pm\left(\mathrm{SH}\,\frac{x_0 + x_c}{m} - \mathrm{SH}\,\frac{x_c}{m}\right);$$

Por otra parte se deduce la siguiente fórmula, según pondremos a continuación de la materia que estamos desarrollando:

$$\mathrm{SH}\,\frac{x_0 + x_c}{m} = \frac{1}{2}\left[\frac{k}{m} + 1 - \mathrm{CH}\,\frac{x_c}{m}\right]\mathrm{CT}\,\frac{b - x_c}{2\,m} - $$

$$-\sqrt{\frac{1}{4}\left(\frac{k}{m} + 1 - \mathrm{CH}\,\frac{x_c}{m}\right)^2 + \frac{1}{2}\left(\mathrm{CH}\,\frac{b - x_c}{m} - 1\right)};$$

Y poniendo en ella en lugar de $\frac{k}{m} + 1$; $\frac{x_c}{m}$; $\frac{h - x_c}{m}$; m; los valores indicados más arriba como datos del problema, con la observación hecha de que en el caso de que el valor de m correspondan dos configuraciones, se tomará para la superior el signo más, y para la inferior el signo menos; es decir, llamando C_1 el punto de aplicación de la sobrecarga correspondiente o la configuración superior, será:

$$\frac{x_{C_1}}{m} = \frac{u}{m} + \arg\mathrm{CH}\,\frac{Q}{pm};$$

y designando por C_2 el punto de aplicación de la sobrecarga correspondiente a la configuración inferior:

$$\frac{x_{C_2}}{m} = \frac{u}{m} - \arg\mathrm{CH}\,\frac{Q}{pm};$$

Análogamente:

$$\left(\frac{b}{m}\right)_1 = \frac{b'}{m} + \arg\mathrm{CH}\,\frac{Q}{pm}; \quad \text{y}$$

$$\left(\frac{b}{m}\right)_2 = \frac{b'}{m} - \arg\mathrm{CH}\,\frac{Q}{pm};$$

En el caso de que sólo exista una configuración para el parámetro dado de la catenaria, emplearemos el signo menos, como hemos dicho, y será, por ejemplo:

$$\frac{x_C}{m} = \frac{u}{m} - \arg\mathrm{CH}\,\frac{Q}{pm}$$

Apliquemos esto al ejemplo que hemos considerado anteriormente en el que sabemos que para valores de m comprendidos entre 1918 y 2069 hay dos configuraciones a las que corresponderán puntos de aplicación que designamos por C_1 y C_2, y sobrecargas a calcular que designaremos por P_1 y P_2.

Tomemos como ejemplo, como abscisa de aplicación de P respecto de A, $n = 447{,}36$ (es el valor hallado aproximadamente con otro método para una P determinada y según elegimos este caso como comprobación); para valor de m haremos $m = 2000$.

$$\frac{x_{C_1}}{m} = \frac{u}{m} + \arg\mathrm{CH}\,\frac{Q}{pm} = \frac{447'36}{2000} + \arg\mathrm{CH}\,\frac{10345}{10000} = 0'22368 + 0'262;$$

es decir:

$$\frac{x_{C_1}}{m} = 0'48568; \quad \frac{x_{C_2}}{m} = 0'22368 - 0'262 = -0'03832;$$

$$\left(\frac{b}{m}\right)_1 = \frac{b'}{m} + \arg\mathrm{CH}\,\frac{Q}{pm} = \frac{960}{2000} + 0'262 = 0'742;$$

$$\left(\frac{b}{m}\right)_2 = 0'480 - 0'262 = 0'218;$$

$$\frac{k}{m} = \frac{k'}{m} + \frac{Q}{p\,m} - 1 = \frac{670}{2000} + 1'0345 - 1 = 0'3695;$$

$$\frac{b - x_C}{2\,m} = \frac{b' - u}{2\,m} = \frac{960 - 447{,}36}{4000} = 0'12816;$$

$$\begin{cases} \dfrac{y_{C_1}}{m} = \mathrm{CH}\,\dfrac{x_{C_1}}{m} = \mathrm{CH}\,0'48568 = 1'12019; \\ \dfrac{y_{C_2}}{m} = \mathrm{CH}\,\dfrac{x_{C_2}}{m} = \mathrm{CH}\,0'03832 = 1'00073; \end{cases}$$

2952 Kgr

B

C_1

A

Parametro 2.000 mts V_1

V_1 C_2 Parametro 2.000 mts

Parametro 1918 mts

Parametro 2.000 mts

524 mt.

524 mt

447'36 mt

10.345 Kgr

12.615 Kgr

Parametro 2.000 mts

Escalas 1:10.000 — longitudes

1cmt = 1.000 fuerzas

Fig. 27

$$\begin{cases} \operatorname{CH}\dfrac{b'-u}{m} = \operatorname{CH} 0'25632 = 1'03302; \quad \dfrac{1}{2}\left(\operatorname{CH}\dfrac{b'-u}{m} - 1\right) = \\ \qquad = 0'01651 \\ \operatorname{TH}\dfrac{b'-u}{m} = \operatorname{TH} 0'128 = 0'12731; \quad \operatorname{CT}\dfrac{b'-u}{m} = \dfrac{1}{0'12731}; \end{cases}$$

$$\frac{1}{2}\left[\frac{k}{m} + 1 - \operatorname{CH}\frac{x_{C_1}}{m}\right] = \frac{1}{2}\left(1'3695 - 1'12019\right) = \frac{0'24931}{2} =$$

$$= 0{,}12465 \; ; \quad \overline{0'12465^2} = 0'015537 \; ;$$

$$\frac{1}{2}\left[\frac{k}{m} + 1 - \operatorname{CH}\frac{x_{C_2}}{m}\right] = \frac{1}{2}(1'3695 - 1'00073) =$$

$$= \frac{0'36877}{2} = 0'18438 \; ; \quad \overline{0'18438^2} = 0'0339959$$

$$\operatorname{SH}\frac{x_0 + x_{C_1}}{m} = 0'12465 \times \frac{1}{0'12731} - \sqrt{0'015937 + 0'01651} =$$

$$= 0'979 - 0'179 = 0'800$$

$$\operatorname{SH}\frac{x_0 + x_{C_2}}{m} = 0'18438 \times \frac{1}{0'12731} - \sqrt{0'033995 + 0'01651} =$$

$$= 1'4482 - 0'22473 = 1'22347$$

$$\operatorname{SH}\frac{x_{C_1}}{m} = \operatorname{SH} 0'48568 = 0'5048 \left\{ \frac{P_1}{pm} = 0'800 - 0'5048 = 0'2952; \right.$$

$$\operatorname{SH}\frac{x_{C_2}}{m} = \operatorname{SH} - 0'03832 = -0'03821 \left\{ \begin{array}{l} \dfrac{P_2}{p\,m} = 1'22347 + \\ + 0'03832 = 1'26179 \end{array} \right.$$

de donde:

$$P_1 = 10000 \times 0'2952 = \underline{2952;}$$

en lugar del obtenido anteriormente, que era 2.940.

$$P_2 = 10000 \times 1'26179 = 12617'9$$

Si se desean conocer las posiciones de C_1 y C_2 que quedarían fijadas si se determina el desnivel y la abscisa de cada una respecto al punto A, se tendrá:

$$\frac{y_{C_1}}{m} = 1'12019; \; \frac{y_A}{m} = \frac{Q}{p\,m} = 1'0345; \; \frac{y_{C_2}}{m} = 1'00073$$

$$\begin{cases} \dfrac{y_{C_1} - y_A}{m} = 1'12019 - 1'0345 = 0'08569; \\ \dfrac{y_{C_2} - y_A}{m} = 1'00073 - 1'0345 = -0'03377; \end{cases}$$

$$\begin{cases} y_{C_1} - y_A = 2.000 \times 0{,}08569 = 171'38 \\ y_A - y_{C_2} = 2.000 \times 0'03377 = 67'54 \end{cases}$$

Deducción de la fórmula:

$$\operatorname{SH}\frac{x_0 + x}{m} = \frac{1}{2}\left[\frac{k}{m} + 1 - \operatorname{CH}\frac{x}{m}\right] \operatorname{CT}\frac{b - x}{2\,m} -$$

$$- \sqrt{\frac{1}{4}\left(\frac{k}{m} + 1 - \operatorname{CH}\frac{x}{m}\right)^2 + \frac{1}{2}\left(\operatorname{CH}\frac{b - x}{m} - 1\right)};$$

Partiendo de la fórmula correspondiente del capítulo II.

$$\operatorname{CH}\frac{x + x_0}{m} - \operatorname{CH}\frac{x}{m} = \operatorname{CH}\frac{x_0 + b}{m} - \left(\frac{k}{m} + 1\right) \qquad (2)$$

se tiene:

$$\operatorname{CH}\frac{x_0 + x}{m} - \operatorname{CH}\frac{x}{m} = \operatorname{CH}\frac{(x_0 + x) + (b - x)}{m} - \left(\frac{k}{m} + 1\right);$$

o sea:

$$\operatorname{CH}\frac{x_0 + x}{m} - \operatorname{CH}\frac{x}{m} = \operatorname{CH}\frac{x_0 + x}{m}\operatorname{CH}\frac{b - x}{m} + \operatorname{SH}\frac{x_0 + x}{m} \times$$

$$\times \operatorname{SH}\frac{b - x}{m} - \left(\frac{k}{m} + 1\right) \qquad (3)$$

y llamando:

$$\operatorname{SH}\frac{x_0 + x}{m} = X, \text{ con lo cual: } \operatorname{CH}\frac{x_0 + x}{m} = \sqrt{X^2 + 1}\,;$$

la (3) se escribirá:

$$\sqrt{X^2 + 1} - \operatorname{CH}\frac{x}{m} = \sqrt{X^2 + 1}\operatorname{CH}\frac{b - x}{m} + X\operatorname{SH}\frac{b - x}{m} -$$

$$- \left(\frac{k}{m} + 1\right)$$

es decir:

$$\sqrt{X^2 + 1}\left(\operatorname{CH}\frac{b - x}{m} - 1\right) = - X\operatorname{SH} + \left[\left(\frac{k}{m} - 1\right) - \operatorname{CH}\frac{x}{m}\right]$$

o teniendo en cuenta:

$$\operatorname{CH}\frac{b - x}{m} = \operatorname{CH}^2\frac{b - x}{2\,m} + \operatorname{SH}^2\frac{b - x}{2\,m} = 1 + 2\operatorname{SH}^2\frac{b - x}{2\,m};$$

y, por lo tanto, que:

$$\operatorname{CH}\frac{b - x}{m} - 1 = 2\operatorname{SH}^2\frac{b - x}{2\,m};$$

$$\sqrt{X^2 + 1}\,.\,2\operatorname{SH}^2\frac{b - x}{2\,m} = -2\,X\operatorname{SH}\frac{b - x}{2\,m}\operatorname{CH}\frac{b - x}{2\,m} +$$

$$+ \left[\frac{k}{m} + 1 - \operatorname{CH}\frac{x}{m}\right]$$

que puede ponerse bajo la forma:

$$\sqrt{X^2 + 1} = -\operatorname{CT}\frac{b - x}{2\,m}X + \frac{\dfrac{k}{m} + 1 - \operatorname{CH}\dfrac{x}{m}}{2\operatorname{SH}^2\dfrac{b - x}{2\,m}}; \qquad (4)$$

en la que el último término es mayor que cero, por ser:

$$\frac{k}{m} + 1 > \operatorname{CH}\frac{x}{m} \text{ (basta ver la figura indicada).}$$

Designando este término positivo por b:

$$b = \frac{\dfrac{k}{m} + 1 - \operatorname{CH}\dfrac{x}{m}}{2\operatorname{SH}^2\dfrac{b - x}{2\,m}}; \qquad (5)$$

y llamando:

$$a = \mathrm{CT}\,\frac{b - x}{m}\,; \qquad (6)$$

la (4) se podrá escribir:

$$(4') \quad \sqrt{X^2 + 1} = - a\,X + b\,;$$

siendo a y b positivos y además a en virtud de (6) mayor que 1 por ser el valor de una CT.

Deduzcamos de (4') el valor de X elevándola al cuadrado (con lo que se podrán introducir soluciones extrañas).

$$X^2 + 1 = a^2\,X^2 - 2\,a\,b\,X + b^2$$

$$(a^2 - 1)\,X^2 - 2\,a\,b\,X + b^2 - 1 = 0\,;$$

$$X^2 - 2\,\frac{a\,b}{a^2 - 1}\,X + \frac{b^2 + 1}{a^2 - 1} = 0\,;$$

$$X = \frac{a\,b}{a^2 - 1} \pm \sqrt{\frac{a^2\,b^2}{(a^2 - 1)^2} - \frac{b^2 - 1}{a^2 - 1}} =$$

$$= \frac{a\,b \pm \sqrt{a^2\,b^2 - (a^2 - 1)\,(b^2 - 1)}}{a^2 - 1} = \frac{a\,b \pm \sqrt{a^2 + b^2 - 1}}{a^2 - 1}$$

Resultan, pues, dos valores de X tomando el signo más o el menos del radical. Ahora bien, tomando el signo más, el valor obtenido será:

$$X = \frac{a\,b + \sqrt{a^2 + b^2 - 1}}{a^2 - 1}\,;$$

Este valor no verifica a (4'), pues entonces el 2.º miembro de esta ecuación será:

$$b - a\,X = b - a\,\frac{a\,b + \sqrt{a^2 + b^2 - 1}}{a^2 - 1} =$$

$$= \frac{b\,a^2 - b - a^2\,b - a\,\sqrt{a^2 + b^2 - 1}}{a^2 - b} = \frac{- b - a\,\sqrt{a^2 + b^2 - 1}}{a^2 - 1}\,;$$

y como por ser a y b positivos y $(a^2 + b^2) > 1$ también positivo, el numerador es negativo, y por ser $a > 1$, el denominador es positivo $(b - a\,X)$ será negativo, no siendo posible, por tanto, la igualdad, ya que en el primer miembro $\sqrt{X^2 - 1}$ es positivo, por lo cual es una solución extracta que verificaría a $- \sqrt{x^2 + 1} = - a\,X + b$; pero no verificaría a (4').

En cambio, tomando el signo menos, el valor obtenido así para X es:

$$X = \frac{a\,b - \sqrt{a^2 + b^2 - 1}}{a^2 - 1}\,;$$

que verifica a (4'), pues hace a:

$$b - a\,X = b - \frac{a^2\,b - a\,\sqrt{a^2 + b^2 - 1}}{a^2 - 1} = \frac{- b + a\sqrt{a^2 + b^2 - 1}}{a^2 - 1}$$

es decir, positivo, ya que:

$$a\,\sqrt{a^2 + b^2 - 1}$$

es positivo y mayor que

$$\sqrt{a^2 + b^2 - 1}\,;$$

es decir (puesto que $a^2 > 1$) mayor que b, con lo que el numerador es positivo y el denominador también.

Se tiene, pues:

$$X = \frac{a\,b}{a^2 - 1} - \sqrt{\frac{b^2}{(a^2 - 1)^2} + \frac{1}{a^2 - 1}}\,;$$

y recordando los valores (5) y (6) de b y a, teniendo en cuenta que:

$$a^2 - 1 = \mathrm{CT}^2\,\frac{b - x}{2\,m} - 1 = \frac{\mathrm{CH}^2\,\dfrac{b - x}{2\,m}}{\mathrm{SH}^2\,\dfrac{b - x}{2\,m}} - 1 = \frac{1}{\mathrm{SH}^2\,\dfrac{b - x}{2\,m}}\,;$$

$$X = \frac{1}{2}\left[\frac{k}{m} + 1 - \mathrm{CH}\,\frac{x}{m}\right]\mathrm{CT}\,\frac{b - x}{2\,m} -$$

$$- \sqrt{\frac{1}{4}\left[\frac{k}{m} + 1 - \mathrm{CH}\,\frac{x_c}{m}\right]^2 + \mathrm{SH}^2\,\frac{b - x}{2\,m}}$$

que pueda escribirse también bajo la forma siguiente, teniendo en cuenta que:

$$\mathrm{CH}\,\frac{b - x}{m} = \mathrm{CH}^2\,\frac{b - x}{2\,m} + \mathrm{SH}^2\,\frac{b - x}{2\,m} = 1 + 2\,\mathrm{SH}^2\,\frac{b - x}{2\,m}\,;$$

es decir, que:

$$\mathrm{SH}^2\,\frac{b - x}{2\,m} = \frac{1}{2}\left(\mathrm{CH}\,\frac{b - x}{2\,m} - 1\right)$$

$$X = \mathrm{SH}\,\frac{x_0 + x}{m} = \frac{1}{2}\left[\frac{k}{m} + 1 - \mathrm{CH}\,\frac{x}{m}\right]\mathrm{CT}\,\frac{b - x}{2\,m} -$$

$$- \sqrt{\frac{1}{4}\left[\frac{k}{m} + 1 - \mathrm{CH}\,\frac{x}{m}\right]^2 + \frac{1}{2}\left[\mathrm{CH}\,\frac{b - x}{m} - 1\right]}\,;$$

que es la buscada.

Cuando los puntos A y B se encuentran en el mismo nivel, o sea, cuando $k' = 0$, la fórmula anterior se reduce.

$$\frac{k}{m} + 1 - \mathrm{CH}\,\frac{x}{m} = y_A - y_C\,;$$

$$\mathrm{SH}\,\frac{x_0 + x_c}{m} = \frac{1}{2}\left[\left[\sqrt{\frac{Q^2}{p^2\,m^2} - 1}\;\mathrm{SH}\,\frac{u}{m} - \frac{Q}{pm}\left(\mathrm{CH}\,\frac{u}{m} - 1\right)\right]\mathrm{CT}\,\frac{h' - u}{2\,m} - \sqrt{\frac{1}{4}\left[\sqrt{\frac{Q^2}{p^2\,m^2} - 1}\,.\,\mathrm{SH}\,\frac{u}{m} - \frac{Q}{pm}\left(\mathrm{CH}\,\frac{u}{m} - 1\right)\right]^2 + \frac{1}{2}\left(\mathrm{CH}\,\frac{h' - u}{m} - 1\right)}\right.$$

Si además:

$$u = \frac{1}{2}\,h'$$

$$\mathrm{SH}\,\frac{x_0 + x_c}{m} = \frac{1}{2}\left[\sqrt{\frac{Q^2}{p^2\,m^2} - 1}\,.\,\mathrm{SH}\,\frac{u}{m} - \frac{Q}{pm}\left(\mathrm{CH}\,\frac{u}{m} - 1\right)\right]\mathrm{CT}\,\frac{u}{2\,m} - \sqrt{\frac{1}{4}\left[\sqrt{\frac{Q^2}{p^2\,m^2} - 1}\;\mathrm{SH}\,\frac{u}{m} - \frac{Q}{pm}\left(\mathrm{CH}\,\frac{u}{m} - 1\right)\right]^2 + \left(\frac{1}{2}\,\mathrm{CH}\,\frac{u}{m} - 1\right)} \qquad \text{(III)}$$

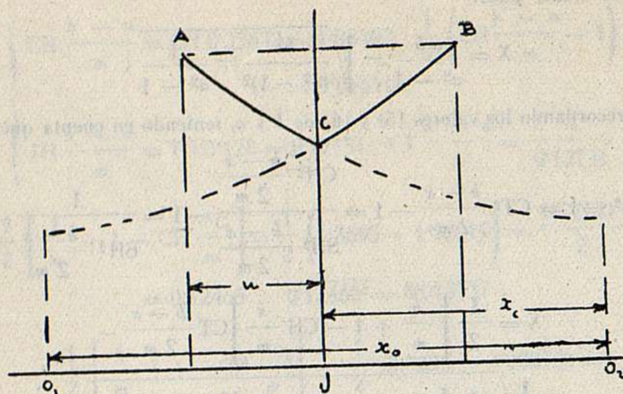


Fig. 28

En este caso $x_c = \overline{o_2 J}$ es negativo.

$$x_0 = \overline{o_1 o_2}$$

es positivo.

$$x_0 + x_c = o_1 o_2 + \overline{o_2 J} = \overline{o_1 J} = [x_c]$$

y por tanto:

$$\text{SH}\frac{x_0 + x_c}{m} = \text{SH}\frac{[x_c]}{m} = -\text{SH}\frac{x_c}{m}$$

es decir:

$$\text{SH}\frac{x_0 + x_c}{m}$$

tendrá que ser igual y de signo contrario a (III), es decir, igual y de signo contrario a:

$$\sqrt{\frac{Q^2}{p^2 m^2} - 1} \, . \, \text{CH}\frac{u}{m} - \frac{Q}{pm}\text{SH}\frac{u}{m};$$

y a esta expresión, si se tiene en cuenta que:

$$\sqrt{\frac{Q^2}{p^2 m^2} - 1} = \text{SH}\frac{x_A}{m}; \quad \text{y,} \ \frac{Q}{pm} = \text{CH}\frac{x_A}{m}$$

puede escribirse:

$$\text{SH}\frac{x_A}{m}\text{CH}\frac{u}{m} - \text{CH}\frac{x_A}{m}\text{SH}\frac{u}{m} = \text{SH}\left(\frac{x_A}{m} - \frac{u}{m}\right)$$

y como este es el valor de la longitud del arco de catenaria, comprendido entre el vértice y el punto C, habrá de ser igual a SH $\frac{x_0 + x_c}{m}$ (si se tiene en cuenta lo que respecto a signos acabamos de decir).

En el supuesto que consideramos, será:

$$\frac{p}{pm} = \text{SH}\frac{x_0 x_c}{m} - \text{SH}\frac{x_c}{m} = 2\,\text{SH}\frac{x_0 + x_c}{m} =$$

$$= 2\left[\sqrt{\frac{Q^2}{p^2 m^2} - 1}\,\text{CH}\frac{u}{m} - \frac{Q}{pm}\text{SH}\frac{u}{m}\right];$$

Sobrecarga no ligada al hilo.

Son datos los mismos considerados más arriba, o sea Q, p, h', k', u.

Se calcularán como en el caso de sobrecarga ligada, las catenarias de equilibrio sin sobrecarga, o sea (en el ejercicio de entonces), los parámetros $m = 1.918$ y $m' = 135$.

En este ejemplo, m puede variar entre: $m = \frac{Q}{p} = 2069$ y $m = 135$, y para los valores de m comprendidos entre 1918 y 2069 habrá como allí dos configuraciones de catenaria.

Se seguirá después la misma marcha, determinándose los mismos puntos c_1 y c_2 para lo cual, puesto que:

$$\frac{x_A}{m} = \pm \arg \text{CH}\frac{Q}{pm}; \quad \text{y,} \ \frac{x_c}{m} = \frac{u + x_A}{m};$$

$$\frac{x_{c_1}}{m} = \frac{u}{m} + \arg\text{CH}\frac{Q}{pm} \ \text{(I)} \quad \frac{x_{c_2}}{m} = \frac{u}{m} - \arg\text{CH}\frac{Q}{pm};$$

(si el vértice cae dentro del vano), de aquí se deducirá:

$$\frac{y_c}{m} = \text{CH}\frac{x_c}{m}; \quad y_c = m\,\text{CH}\frac{x_c}{m}$$

y como en los dos catenarias que se producen, y salvo la pequeña influencia del rozamiento de la carga sobre el hilo, no se produce aumento de tensión en éste, por razón de la carga, será: $y'_c = y_c$, lo que nos dará, por lo tanto, y'_c.

Esta razón de ser ahora iguales (sensiblemente) los valores de y_c e y'_c (no olvidemos que para carga ligada son iguales los parámetros de las catenarias y éstas tienen distinta base; y que cuando la carga es libre o no ligada, son iguales las ordenadas en C, o sea, que las catenarias tienen la misma base, aunque distinto parámetro), y lo que acabamos de decir en el paréntesis, hace que ahora las cargas P_1 y P_2 no sean las mismas consideradas en el caso de sobrecarga ligada.

Una vez conocido $y'_c = y_c$ se determinará por tanteos el parámetro m de la rama CB de catenaria conforme se explicó en otra ocasión ya citada, o sea, que se elegirá un parámetro m' y se formará el cociente $\frac{y'_c}{m}$ que permitirá hallar:

$$\frac{x'_c}{m} = \arg\text{CH}\frac{y'_c}{m};$$

después se hallará:

$$\frac{x'_c + v}{m'};$$

y la diferencia:

$$\text{CH}\frac{x'_c + v}{m'} - \text{CH}\frac{x'_c}{m'}$$

que se comparará con el valor:

$$\frac{k' - k'_1}{m'}$$

(k'_1 es la ordenada de C respecto de A, es decir: $y_c - \frac{Q}{pm}$).

Si dicha diferencia:

$$CH\frac{x'_c + v}{m} - CH\frac{x'_c}{m} \gtrless \frac{k' - k'_1}{m'}$$

se dará a m' un valor $\gtrless$ que el elegido.

Comprobación de que los valores $P_1 = 2952$ *y* $P_2 = 12615$ *satisfacen las condiciones del problema iniciado en la página* 240, *o sea, que colocados a una distancia horizontal A igual a 447,36, cuando manteniendo constante esa diferencia o distancia se establece el equilibrio, las catenarias que con parámetro **2000** pasan por* C_1 *y* C_2 *tienen en dichos puntos la tensión justa para en unión con las catenarias* AC_1 *y* AC_2 *equilibrar los pesos* P_1 *y* P_2, *pasan por el punto* B.

En efecto; por lo que se refiere a la catenaria producida por el peso $P_1 = 2952$, se tiene:

$$\text{Ordenada en } A = \frac{10345}{5} = 2069.$$

Abscisa — en C_1 = 2000 × 0,486 = 972 (bastante exacto, pues hemos tomado 524 + 447,36 = 971,36).

SH 0,486 = 0,50536 ——— longitud del arco = 0,50536 × × 2000 = 1010,72.

Ordenada en C_1 = 2069 + 171,38 = 2240,38 ——— CH en C_1 = 1,12019 ——— arg = 0,486.

$$\text{Tang en } C_1 = \frac{1010,72}{2000} = 0,50536 \text{ ——— Angulo con la}$$

horizontal = 26° 45'.

Cos en C_1 = 089298; Sen en C_1 = 0,45010;

Tensión en C_1 = 2240,38 × 5 = 11201,90 $\simeq$ 11202 Kgs.

Componente horizontal = 11202 × 0,89298 = 10001.161; de donde el parámetro sería:

$$= \frac{10003,161}{5} = 2000,6$$

(muy próximo a 2000).

Componente vertical = 11202 × 0,45010 × 5042,2 Kgs.

Como la carga $P_1 = 2952$, el valor de la componente vertical de la tensión en el punto C_1 de la rama C_1 B será X — 5042,020 = 2952 llamando X, la componente vertical de la tensión en C_1 rama C_1 B = 7994,02 Kgs. y como la componente horizontal es constantemente igual al parámetro multiplicado por el peso del metro lineal de hielo, o sea, igual a 10000 Kgs., la tensión en C_1 rama C_1 B será

$$\sqrt{7994^2 + 10000^2} = \sqrt{63904036 + 100000000} = \sqrt{163904036} =$$
$$= 12802 \text{ Kgs.}$$

$$\text{La ordenada en } C_1 \text{ rama } C_1 \text{ B será: } \frac{12802}{5} = 2560,4 \text{ mts.,}$$

luego en CH en C_1 rama C_1 B será $\frac{2560,4}{2000}$ = 1,2802 y su argumento = 0,732;

La abscisa correspondiente será: 1.464 mts.; como la distancia v = 960 — 447,36 = 512,64; la abscisa (en unidad parámetro) de B con relación al vértice de la segunda catenaria será

$$\text{Arg CH en } C_1 + \frac{512.64}{2.000} = 0,732 + 0,25632 = 0,98832; \text{ y}$$

la ordenada en B, por la segunda catenaria, será:

CH 0,98832 × 2.000 = 1,52910 × 2.000 = 3.058,2.

Como comprobación, debemos hacer constar que según hemos visto:

Ordenada en C_1 por segunda catenaria ...	2560,4
Ordenada en B por segunda catenaria	3058,2
Diferencia de ordenadas en B y en C_1	497,8
Diferencia de ordenadas en A y en C_1 ...	171,38
Diferencia de ordenadas calculadas ahora entre *A* y *B*	= 669,18
Como los datos nos daban	670,00

Hay un error muy admisible = 0,82 *mts.*

Por lo que se refiere a la segunda posición del punto de aplicación en C_2 con una carga P = 12615, comprobaremos, al igual que hemos hecho para C_1, del modo siguiente:

Dada la simetría ya demostrada en la figura, la abscisa de C_2 en unidad de parámetro será 0,262 — $\frac{447,36}{2000}$ = 0,262 — 0.22368 = 0,03832, luego la ordenada de C_2 para la primera rama C_2 A será:

CH 0,03832 × 20000 = 1,00073 × 2000 = 2001,46 mts. = ordenada de C_2 en catenaria C_2 A; longitud de la rama de catenaria V_2 C_2 = 2000 × SH 0,03832 = 2000 × 0,03831 = 76,62 metros.

Tangente a la curva en C_2 rama C_2 A forma con horizontal un ángulo, cuya tangente es = $\frac{76,62}{2000}$ = 0,03831; ángulo correspondiente: 2.° 10'; Coseno 2.° 10' = 0 99929; Seno 2.° 10' = 0,03781; Tensión en C_2 rama C_2 A = 2001,46 × 5 = 10007,30 kilos.

Componente vertical de la tensión = 10007,30 × 0,03781 = 378,37 dirigida para arriba, y como el peso dijimos era P_2 = 12.615 Kgs., la componente vertical de la tensión en C_1 rama C_2 B será 12.615 — 378,37 = 12.236,63 Kgs.

Como la componente horizontal de la tensión es constante e' = 10.000 Kgs. la tensión en C_2 rama C_2 B será:

$$\sqrt{12.236'63^2 + 10000^2} = 15803$$

Conocida la tensión en C_2 rama C_2 B = 15803 Kgs., la ordenada en C_2 rama C_2 B será = $\frac{15803}{5}$ = 3160,6 mts.; y CH en C_2 rama C_2 B = $\frac{3160,6}{2000}$ = 1,5803; y

Abscisa de C_2 rama C_2 B = Arg. CH 1,5803 × 2000 = 1,0314 × 2000 = 2.062,8 mts.

Abscisa de B rama C_2 B = 2.062,8 + 960 — 447,36 = 2575,44 metros.

$$\text{Arg. CH en B rama } B_2\ C = \frac{2575{,}44}{2000} = 1{,}28772; \text{ CH en B rama } C_2\ B = 1{,}94935;$$

Ordenada en B rama C_2 B = 1,94935 × 2000 = 3898.66.

Como comprobación debemos hacer constar que según hemos visto:

Ordenada en B segunda catenaria	3898,66
Ordenada en C_2 segunda catenaria	3160,60
Diferencia de ordenadas C_2 y B	738,06
A restar para hallar diferencia ordenadas *A* y *B*	67,54
Desnivel entre *A* y *B*...	670,52
Los datos del problema daban	670 00
Diferencia muy aceptable ...	0,50 mts.

Mayo, 1950.

A continuación, el Sr. Presidente hace de nuevo uso de la palabra para, en sentidas palabras, destacar la significación de este Congreso Nacional de Ingeniería Española, que tiene como acto primero y más trascendente de la vida de la ingeniería española que se desarrolla después de la muerte del que fué insigne patricio de la misma, Esteban Terradas. Manifiesta que esta Sección de Investigación y Enseñanza no puede ignorar, ni dejar de hacer constar en el acta, el dolor por la pérdida de tan eminente persona, y realiza en breves palabras un bosquejo de su biografía. Hace resaltar los últimos meses de la vida de aquel patricio, persona extraordinaria que dedicó su vida con un espíritu de sacrificio extraordinario al servicio de su Patria. Terradas, dice, ha trabajado en todos los campos, infatigable y silenciosamente, en la forma que mejor podía servir a los fines que la Nación le confiaba. Relata con minuciosidad los últimos actos en que Terradas intervino en los postreros meses de su vida y propone, y es aceptado por aclamación, conste en acta el dolor de todos por su muerte. Propone asimismo, y la Sección lo acuerda, se solicite de la Presidencia de la Nación para que eleve un proyecto de Ley a las Cortes por el que se otorguen los máximos tributos y honores a la figura de Esteban Terradas, tan eminente y destacada de la ingeniería española.

Se levanta la sesión a las tres y media de la tarde.

CONCLUSIONES DEL GRUPO NOVENO

«ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN»

Las Conclusiones de los trabajos que se publican en este Tomo X, estudiadas en las respectivas Secciones del Grupo IX- ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN, *fueron coordinadas y dispuestas para su presentación al Pleno del Congreso, en la reunión conjunta celebrada al efecto, por las Mesas de aquellas Secciones con el Ponente General D. Pedro de Novo y Fernández Chicarro.*

Estas Conclusiones de carácter provisional, impresas en las páginas 210 a 213 del Tomo I, se sometieron a examen y discusión en el Pleno y quedaron aprobadas en el celebrado el día 2 de junio de 1950, con la relación que consta en la página 247 de aquel Tomo I.

FIN DEL TOMO X

TOMO XI

ECONOMÍA

GRUPO X

ECONOMÍA

ACTAS DE LAS SESIONES Y TRABAJOS

SECCIÓN 1.ª

II CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA

(28 de mayo a 3 de junio de 1950)

ACTA DE LA SESIÓN CELEBRADA EL DÍA 29 DE MAYO DE 1950

Se constituye la Mesa con el Ilmo. Sr. D. Antonio Lafont Ruiz, Coronel de Artillería; el Ilmo. Sr. D. Amador Villar, Ingeniero de Armas Navales; D. Manuel Querejeta Goena, Ingeniero de Minas, y D. Juan Pagola Yberiben, Ingeniero Industrial, y como Secretario, el señor Hurtado de Villaurrutia (D. Ramón), Ingeniero Industrial.

Abierta la sesión a las diez de la mañana, y después de saludar a los reunidos, el Presidente concede la palabra al Sr Hurtado de Villaurrutia, quien lee el siguiente trabajo:

N.º 10. - Directrices profundamente nacionales, positivas y urgentes que se deducen de dos trabajos de economía industrial española

Autor: D. RAMÓN HURTADO DE VILLAURRUTIA
Ingeniero Industrial

Con destino a las transcendentales Jornadas de Ingeniería Industrial, las primeras en Barcelona y las segundas en San Sebastián y Bilbao, en 1948 y 1949, respectivamente, tuve el honor de escribir y presentar al sabio criterio de nuestros más ilustres compañeros de profesión, dos trabajos: Uno titulado «Consideraciones sobre la Eficiencia Industrial y la Eficiencia Laboral», de fecha mayo de 1948, y el otro, «Un Estudio sobre la Industrialización de España», de mayo de 1949.

En las Circulares de convocatoria de las reuniones se nos anunciaba que estando próximo el II Congreso Nacional de Ingeniería Civil, era de conveniencia para la Ingeniería Industrial Española someter al crisol y comentario de todos los miembros de la Asociación Nacional nuestras opiniones particulares sobre los dos temas candentes de la Economía Industrial española: Eficiencia e Industrialización.

Es por ello por lo que el Ingeniero Industrial que estas líneas traza ha preferido, con motivo del Congreso en nuestro Madrid de toda la Técnica Superior española, recoger del ideario que en los dos Estudios antedichos tuve el honor de exponer (de los que para conocimiento del II Congreso Nacional de Ingeniería Civil no tengo inconveniente en presentar, en su día, las correspondientes copias, si procede y la Asociación Nacional de Ingenieros Industriales me autoriza a ello), y en vez de redactar un trabajo nuevo en sentido estricto, que adolecería siempre del defecto de carecer de un previo conocimiento de mi especialidad de la Ingeniería, las directrices profundamente nacionales, positivas y urgentes, que de dichos trabajos de Economía Industrial se deducen:

I

DIRECTRICES EN LO ECONÓMICO

1.º Siendo el desequilibrio presupuestario permanente la auténtica raíz de las inflaciones monetarias, solamente evitando racionalmente aquél nos será fácil contener éstas.

2.º El «racionalmente» anterior, lo es con exclusividad cuando nace de una decidida desburocratización y de amplios márgenes de estímulo a la empresa legal privada, que es precisamente la que nutre con los impuestos el Capítulo de Ingresos Estatales.

3.º Evitando la inflación, suprimiremos una de las causas accidentales que más han perjudicado a las Eficiencias Industrial y Laboral.

4.º No conteniéndose la inflación por una rigidez de tasas, sino por el equilibrio presupuestario, al no ser operante la única razón aparentemente justificativa para aquéllas, y siendo de necesidad nacional la supresión *urgente* de *todas* las intervenciones y tasas, con el fin de no dar un paso en el vacío es preciso, en primer término y sobre la marcha:

"Permitir ponerse a nivel a aquellos precios que no han alcanzado la proporcionalidad "normal", a consecuencia de tasas rígidas y permanentes. Esta proporcionalidad "normal" de precios se obtendría multiplicando los "a la par" por el "coeficiente de desvalorización monetaria" y sumando previamente a éste el de "estímulo", en su caso."

En este camino, es de urgencia también, material y moral, la derogación de la Legislación, que obliga a aceptar la moneda actual con análogo poder liberador que la de hace seis o siete lustros.

5.º El problema de escasez de las materias primas —de conveniente y posible obtención nacional, más o menos costosa— que hoy nos agobia, quedaría bastante rápidamente resuelto, aplicando la fórmula anterior: es decir, en el sentido material, substituyendo la capitidisminución actual del productor de ellas, en concesión de beneficios legales máximos; y en el orden moral, cambiando un permanente entredicho, en el más alto honor y dignificación. (*En una sociedad, por ley divina desigual, debe ganar más y estar con elevación conceptual más destacada aquel que produce lo que muchos necesitamos y pocos se animan a fabricar.*)

6.º Para una importación y exportación «normal», es preciso que el exportador perciba íntegramente lo que su mercancía vale, y el importador abone también íntegramente lo que su mercancía auténticamente cuesta. No debemos, indudablemente, consentir especulaciones internacionales con nuestra moneda, pero no es lógico tampoco, ni conveniente, prefijar «motu propio» una cotización rígida a nuestro signo valutario.

Las evaluaciones diversas en un mismo momento y lugar son también perjudiciales. Un solo cambio muy próximo al de mercado libre, sin especulaciones, es suficiente, y totalmente compatible con la variedad más extensa de primas estimulantes de la exportación de productos, o de gravámenes que constriñan, en su caso, la importación de artículos no precisos.

7.º Aplicando las pautas anteriores, y *únicamente así*, podremos conseguir un equilibrio económico o proporcionalidad «real» y «justa» de precios. Mientras no lo logremos, no alcanzarán, por mucho que sea nuestro buen deseo, pleno desenvolvimiento las iniciativas, incluso las más sencillas y elementales.

8.º Es estrictamente indispensable la igualdad de toda la producción ante la Ley, para lo cual existe un solo camino posible: el que lleva directamente a la supresión de la totalidad de las tasas y a la unificación y simplificación de impuestos. En tanto esto no suceda, unas Empresas estarán sobrecargadas con el cumplimiento de extensas e intensas disposiciones, y otras, con mayor flexibilidad de movimientos, seguirán sorteando en su provecho la maraña legislativa, haciendo a aquéllas competencia ilícita y detrayendo del sistema impositivo los mayores márgenes de beneficios.

9.º Los planes de industrialización son convenientes e incluso necesarios, pero con ellos el Estado debe solamente tender a informar, orientar y ayudar, si es de interés nacional hacerlo en casos determinados, pero nunca dirigir coartando.

10.º Es básico tengamos presente los conceptos *grado, coste* y *eficacia*, cuando se hable de cooperación de Empresas, investigación, laboratorios, instalaciones piloto, limitación de Empresas, tipificación de productos, marcas de calidad e intervención sindical.

11.º Los Inventarios y Balances de las Empresas deben reflejar la realidad; y no es esto posible en tanto no se tenga presente en ellos la desvalorización monetaria. ¿Existe algún técnico que se decidiese a proyectar con una unidad métrica de longitud variable?

12.º Es ineludible aclarar de una forma racional los conceptos Beneficio y «Plus Valía». La manera de definición actual en liquidaciones estatales, anteproyecto de Sociedades Anónimas, Reglamentaciones del trabajo, etc., etc., es errónea.

Para alcanzar esa exactitud conceptual deseable, es preciso que no olvidemos los puntos: tantos por cientos variables de amortización, diferencias de encaje o respaldo de moneda, entre otros.

13.º En tanto no se acuerde aplicar la directriz anterior serán igualmente irreales la proporcionalidad contributiva, dividendos del accionariado, participaciones laborales en los beneficios (el recelo patronal que suele inspirar esta última, es tanto más intenso cuanto más anormalmente se desenvuelvan, obligadas por las circunstancias, las contabilizaciones societarias), etc.

14.º Una de las fórmulas de Empresa que permite más posibilidades a la Industria, es la de Sociedad Anónima.

Respecto al actual anteproyecto, entendemos como apartados fundamentales que deben ser rectificados, entre otros:

a) No debe fijarse límite máximo de Capital o debe reducirse éste considerablemente.

b) Los datos detallados de los contratos y ventajas, si las hubiese, evaluación de aportaciones no dinerarias, gastos, etc., de los fundadores —que en algún caso podría interesar fuesen sólo dos—, deben facilitarse obligatoriamente (incluso si se estima procedente con una Memoria peritación, a título informativo, de un técnico oficialmente designado por el Estado), a los futuros accionistas, antes de la suscripción; pero una vez firmada ésta, todas aquellas determinaciones previas quedan automáticamente aceptadas, sin más trámites.

c) Debe instruirse a los accionistas, e incluso ordenar a las Empresas aclaren por extenso en sus Memorias los puntos fundamentales de Inventarios y Balances, pero entendemos que las acciones en cartera cumplen una función, que no puede de ninguna manera substituir lo que el Anteproyecto de Sociedades Anónimas denomina Capital Autorizado.

d) En cuestión de transmisiones prohibidas, tómense las garantías apropiadas, si procede, pero no se coarten las libertades naturales.

e) En las Sociedades Anónimas, el peso de voto de cada accionista debe ser siempre proporcional al capital que haya suscrito, salvo las preferencias para los fundadores, aceptadas por los socios en el acto de adquirir sus participaciones en el negocio. Los *quorums* y porcentajes de asistencia de personas, sólo deben serlo en primera convocatoria, en todos los casos.

f) Con las debidas garantías, para que en ninguna ocasión pueda falsearse delictivamente la realidad de los servicios prestados, es conveniente no limitar el derecho de la Sociedad para el pago de ellos con acciones, al precio de mercado libre, si el prestante del trabajo acepta su remuneración así.

g) Para el buen funcionamiento de las Empresas industriales anónimas, deberán tenerse presentes las directrices genéricas antedichas, especialmente las referentes a inventarios, balances, beneficios y «plus valía».

h) Las más amplias garantías al accionista y al obligacionista no deben olvidar el hecho de que sin fundadores no existe Sociedad, ni Industria Anónima, y por ende posibilidades de inversión de aquéllos.

15.º Todas las Empresas Industriales desean en mayor o menor escala: crédito a largo plazo, garantía estatal, liquidez y cotización fácil de valores industriales; se procure no importar todo aquello que sea de interés nacional el producirlo en cada instante; se favorezcan nuestras exportaciones; órganos de información, orientación y auxilio; se aprovechen coyunturas propicias para lograr, sin merma de nuestra independencia, la colaboración de capital extranjero en el desarrollo económico de España, siempre que ese capital llegue sin intermediarios, o con el mínimo de ellos, directamente a las empresas que lo necesiten y que ofrezcan las máximas garantías de eficacia, sin dilapidaciones que significarían gravísimo e intenso perjuicio para nuestras más hondas esperanzas patrias.

16.º *La dirección económica de España, por su gran trascendencia e importancia, debe estar responsabilizada en un ministro con poderes de veto para nuevo estudio (señalando la materia o artículos que se rechazan) de cualquier ley, decreto u orden, e incluso determinaciones de organismos subalternos, que directa o indirectamente afecten a lo económico, en su más extenso concepto y a su juicio. La nueva aprobación sin rectificación de los apartados vetados, implicaría la substitución obligada de uno de los elementos discrepantes.*

En tanto no suceda así, una disposición cualquiera equivocada puede anular la más feliz política económica.

II

DIRECTRICES EN LO LABORAL

1.º Es preciso acelerar el ritmo de creación de Enseñanza Profesional, aunque sea en detrimento de Institutos y Colegios de Bachillerato Clásico.

2.º Deben darse garantías a las Empresas —y esto originaría una impulsión gigantesca de la Enseñanza gratuita particular— de que los gastos que realicen en la educación y capacitación de su personal van a significar un beneficio (sin explotación, ni abuso, se entiende) para ellos, y no precisamente, por paso desleal o ilícito de obreros, para otras factorías que no tengan establecidos estos servicios de enseñanza y suficiencia profesional, en su más amplio sentido.

3.º La eficacia laboral es tanto mayor cuanto más próximos estemos, sin desbordarlo, del vértice, de lo que es protección y premio proporcional que crea, sin llegar a la adulación que ensoberbece y pervierte.

4.º El jornal-base en toda clase de actividades debe ser el mínimo que corresponda en relación al Índice General de Productividad del País (evaluado en pesetas corrientes a los precios de mercado en el caso de tratarse de artículos libres y oficiales en los tasados), y de esa forma la participación en los beneficios recae sobre la diferencia entre Índice de Productividad de la Empresa y el Índice de Productividad del País, siempre que se tenga en cuenta que los coeficientes de multiplicación deberán estar atemperados al volumen general y específico de Capital fijo y de movimiento que los negocios exijan y guardando la justa proporcionalidad en lo que a cada operario se refiere, en función de la trascendencia y dificultad de su misión, y de la bondad de su trabajo.

5.º El productor debe estar asegurado y ser atendido con urgencia, cualquiera que sea su lugar de trabajo o paro, y el paraje —en el sentido más amplio— en que se encuentre en el momento de suceder los hechos y cualesquiera que sean también las circunstancias que concurran. El pequeño aumento de coste que esta extensión del Seguro proporcionase, quedaría sobradamente compensado por una parte por el efecto moral favorabilísimo, y aún en el aspecto material, porque suprimiría en absoluto el enorme gasto de registro y notificación de altas y bajas en empresas, y demás incidencias que de esta forma no afectarían a la administración del Seguro.

6.º Urge buscar una fórmula fácil y equitativa de recargo automático y de recaudación simultánea a otras, como impuesto de Seguros Sociales. Como fórmula de momento bien sencilla y que repercutiría en la misma proporción que los restantes impuestos directos e indirectos en el cuerpo nacional, que es a la postre quien, en definitiva, paga el Seguro, bastará multiplicar a cada tipo de impuesto por un coeficiente α fácilmente deducible por la siguiente fórmula:

$$\alpha \times (A + B + C + \ldots\ldots) = S$$

$$\alpha = \frac{S}{A + B + C + \ldots\ldots}$$

siendo S la cantidad máxima que podrían importar los Seguros que se pusiesen en vigencia y A, B, C, etc., la recaudación aproximada de cada una de las partidas de impuestos vigentes.

Si la multiplicación por este coeficiente α de los impuestos actuales daba un producto exagerado de tanto por ciento contributivo de alguno de ellos, no sería el defecto de dicho coeficiente ni del método que se propone, sino de la desmesura del tipo de gravamen vigente de que se trate. Un reajuste sería entonces preciso.

La distribución de la cantidad S (sometida con frecuencia a revisión, en proporción a los precios de coste reales y a las ampliaciones del Seguro) entre las Compañías Aseguradoras particulares, con arreglo al número de afiliados, que eligirían voluntariamente entre las Empresas de Seguros, resultaría de una gran sencillez.

7.º Debe encomendarse a Empresas privadas, y *en su defecto Mixtas* —éstas solamente como educativas de la Empresa privada, nunca con finalidades absorbentes, a lo que son propensas con exceso—, todo lo que se refiere a la aplicación del Seguro. ¿Quién mejor que la Empresa privada para fiscalizar a sus propios sanitarios, únicos que en esencia pueden falsear el Seguro? Los subsidios familiares simplificados e incluídos los «pluses» en las Empresas, como ayuda igual para todos los niños hasta cierta edad, incapacitados, etc., serían también lo mismo que los Seguros de Vejez (Subsidio), fácilmente y cómodamente para el beneficiario, abonados por Compañías de Seguros par-

ticulares por un sistema análogo, con pequeñas diferencias, al de cobro de cupones del Tenedor de Obligaciones.

8.º El Estado resolvería su misión con un reducido Cuerpo de Inspectores de las Empresas Privadas Aseguradoras. La competencia entre ellas haría lo demás.

UNAS PALABRAS FINALES

Todas las directrices señaladas son, a juicio del Ingeniero informante, de indudable trascendencia, pero tal vez ninguna tanto como la de *unificación, derecho de veto* y *responsabilización de la Dirección Económica*. En la compleja matización de lo económico, una Orden, incluso a veces de un Organismo Subalterno, puede ser de mayor peso que un Decreto, y éste más fundamental que una Ley. Y aún dentro de la categoría dispositiva de éstas, algunas referentes a materias y dictaminadas por técnicos no especializados en estas disciplinas, pueden, a pesar de su apariencia problemática distinta, afectar de tal forma a la Política General Económica, que prácticamente la falseen. De todo ello podríamos citar multitud de ejemplos; algunos que han originado un colapso de gran cuantía conocido por todos, son tan apasionantes que, aunque se me vienen a los puntos de la pluma, no creo prudente señalarlos. Es también fundamental que lo determinativo no recaiga en funcionarios por su propia naturaleza inamovibles. *El que decide se desgasta y puede equivocarse, y su substitución en su caso es necesaria.*

He aquí, pues, sintetizado un programa, que se entiende: Es positivo", porque procura estar tan lejos de la crítica que no premia, elogia ni reconoce méritos, como de la adulación, con frecuencia concupiscente, que ensoberbece y pervierte; es "urgente", porque toda demora de aplicación, en sus líneas generales, origina un introducirse en una vía muerta cada vez más difícil de superar; es "nacional", porque está todo él impregnado de un hondo sentido desinteresado de patria; es estrictamente de "técnica económica", porque no intenta rozar lo más mínimo lo político, aunque por su carácter humanísimo no puede menos de lindar temas vitales; es "industrial", porque aunque por la similitud de los problemas, son operantes las fórmulas para la producción en su más amplio sentido, nos han orientado hacia ellas las necesidades de "nuestra industrialización", que es análogo a decir "nuestra prosperidad", y es, en fin, de economía industrial "precisamente española", porque se fundamenta en el hecho de que la factibilidad de que pueda completarse la consecución de la patria una, grande y libre en que todos soñamos, está en razón directa de las posibilidades materiales que puedan engarzarse a la reciedumbre intelectual y espiritual de España, que la permitirán nuevamente, ahora hermanada con las jóvenes y poderosas naciones de América, unas de nuestra propia sangre, y todas hijas (incluídos los Estados Unidos del Norte, modelo en lo que a industrialización equilibrada se refiere), por razón de alumbramiento, de la gloriosa España de los descubridores, alzar la antorcha eterna, con la cruz de Cristo, que durante siglos defendieron nuestros antepasados, a veces con su solo y nervudo brazo, la antorcha eterna, repito, de la civilización y de la paz.

Después de este trabajo, y tras de la aprobación de sus conclusiones, previa la intervención de varios congresistas, se pasa a la lectura del siguiente, número 47:

N.º 47. - La Reforma de la Sociedad Anónima

Autor: D. MIGUEL GARAU RÍU
Ingeniero Industrial

1.—*Necesidad de la reforma.*

Después de la publicación del proyecto de Reforma de la Sociedad Anónima elaborado por la Sección de Reforma del Derecho Privado del Instituto de Estudios Políticos, y aparecidas las críticas que, en información pública, se han hecho del mismo, podría considerarse inoportuna la presentación de este tema al II Congreso Nacional de Ingeniería. No obstante, motivan poderosas razones la insistencia sobre este problema que considero de capital importancia, no solamente por lo que afecta al futuro desarrollo de nuestra industria especialmente y, por lo tanto, de la economía nacional, sino por considerar que de su resolución depende en gran parte el que nuestros esfuerzos profesionales no queden desvirtuados ante el creciente predominio de las finanzas sobre el negocio típicamente industrial.

De la información pública que he podido conocer a través de la prensa, he deducido dos conclusiones a mi juicio fatales; la primera, que consiste en la oposición manifestada casi por unanimidad al citado Proyecto de Reforma. La segunda, el temor muy generalizado a que se emprenda cualquier reforma. Es decir, se trasluce en casi todos los sectores que se han manifestado cierta resistencia a cualquier alteración profunda del orden jurídico actual, lo cual, hasta cierto punto, es explicable en vista de la desorientación que sobre problema tan vital como el que nos ocupa se ha hecho patente. Si la reforma no se halla bien orientada y fundamentada, es quizás mejor que no venga y, por desgracia, lo mismo el Proyecto que la mayoría de sus críticas me han dado la impresión de que se ha pretendido resolver un problema sin su debido planteamiento.

Mi temor es ahora, en vista del resultado de la citada información pública, que sea abandonado este intento y quede en el ambiente una especie de asentimiento que imposibilite por mucho tiempo una reforma que considero urgentísima e indispensable, porque constituye el mejor medio de defensa contra la corriente socializante que con gran ímpetu va invadiendo la zona del capitalismo.

Esta es la razón principal que me ha inducido a plantear este problema ante este Congreso de Ingeniería, cuyos componentes, técnicos de todas las especialidades, no pueden permanecer indiferentes ante reforma que tan vivamente les afecta y que, por su preparación técnica y económica, están obligados a cambiar su papel de simple espectador, por el de colaboradores necesarios de la citada reforma.

2.—*Por qué debe irse a la reforma.*

Es evidente que el mundo entero pasa por un período revolucionario con relación a la organización económica-política sin que sea posible todavía predecir sus consecuencias, pero, lo que sí podemos afirmar es que si el ordenamiento liberal capitalista pretende sobrevivir y convertirse en instrumento de paz, progreso y bienestar, está obligado a hacer grandes concesiones. Y por ser la Sociedad Anónima su principal punto de apoyo, es ésta la que principalmente ha de ser sometida a seria revisión.

Afirma el Capitalismo que, al ser los medios de producción objeto de propiedad privada y el proceso productivo regido por la iniciativa individual en un régimen de libre competencia con el empresario en su presidencia, el interés colectivo o nacional ha de quedar generalmente mejor servido que si las empresas fueran socializadas y regidas por un mandatario. Niegan esta afirmación todos sus detractores y, al momento en que hemos llegado, es muy posible que ambos puntos de vista puedan ser apoyados con argumentos aparentemente de la misma solidez, pero, si el Capitalismo se prestara a corregir sus más importantes imperfecciones, es decir, si no se opusiera a una reforma conveniente, el problema cambiaría de aspecto.

Esta disyuntiva no puede ser resuelta exclusivamente por consideraciones sentimentales o doctrinales, ni debemos esperar que por la fuerza se nos imponga norma que no esté debidamente garantizada por el juicio. Para descubrir una orientación que nos conduzca por el buen camino debemos preguntarnos en primer lugar: ¿Bajo qué régimen económico se podrá obtener de los mismos medios de producción el mejor rendimiento, y conseguir al mismo tiempo la más justa distribución de la riqueza?

Apliquemos el caso a la nación que considero más representativa del Capitalismo, como son los Estados Unidos de Norteamérica, y situémonos en el año 1929, antes de ser provocada la gran crisis que sufrió. Su renta nacional en dinero se cifró en 81.000 millones de dólares y su población se calculó en 120 millones de habitantes, correspondiendo a cada uno, como término

medio, solamente 675 dólares al año. Si el rendimiento de todas sus empresas y actividades económicas hubiera aumentado o disminuído solamente en un 10 %, dicha renta se hubiera incrementado o reducido en 8.000 millones, es decir, en unos 67 dólares por habitante.

Ahora bien, si entonces se hubieran socializado los medios de producción y esta medida hubiera hecho descender el rendimiento de su explotación solamente en un porcentaje como el anteriormente citado —porcentaje que más bien consideramos reducido— y en el supuesto de que la consiguiente reducción de la renta la hubiera sufrido exclusivamente la clase adinerada, ¿qué ventajas hubiera conseguido la colectividad? Probablemente hubieran desaparecido todos los millonarios sin que la clase obrera y media quedaran beneficiadas en el mejor de los casos.

No es, pues, la socialización de los medios de producción la que puede resolver el problema que la humanidad tiene planteado, al menos por ahora y mientras el afán de lucro siga siendo uno de los más poderosos móviles que impulsan nuestras actividades económicas. Desde este punto de vista está el Capitalismo en lo cierto, pero cuando ha sufrido tales desviaciones que, dejando subsistente dicho afán de lucro, ha logrado la casi desaparición de los factores que constituían freno a la excesiva codicia del empresario, como el riesgo y la libre competencia, ¿no se condena a sí mismo y brinda sólidos argumentos a favor de la socialización?

Cualquiera que sea el régimen en que se desenvuelva la empresa, ha de tener como finalidad principal; desde el punto de vista económico,

1.º Conseguir de los medios de producción su mayor rendimiento.

2.º Facilita el progreso económico.

Desde el punto de vista social:

3.º Determinar la mayor justicia distributiva.

Por ser la Sociedad Anónima el instrumento más desarrollado del Capitalismo, ¿de qué reformas ha de ser objeto para el mejor cumplimiento de los tres citados fines? Sin llegar a la extensión y profundidad que el tema merece, trataremos de contestar a dicha pregunta en las páginas que siguen.

3.—*Carácter social de la Empresa.*

Toda empresa, cualquiera que sea su forma jurídica de constitución y el régimen económico-político en que se desenvuelva, debe ser considerada como una parte del patrimonio social o nacional que debe ser protegida y defendida a toda costa. Como un engranaje del mecanismo de la producción, deben ser estudiados y regulados sus movimientos sin que jamás pueda serle atribuída una autonomía absoluta. Si la empresa se desenvuelve en régimen de propiedad privada, será absolutamente necesario hermanar o armonizar los intereses individual y colectivo. Si ello no fuera posible, la socialización se impondría.

Por lo tanto, desde el momento de su constitución contrae el deber de ser útil a la colectividad nacional, proporcionándole mayor riqueza sin salirse de las normas económicas del máximo rendimiento, o bien, del mínimo precio de coste. Es decir, tiene el deber de perseguir, con la mínima cantidad de trabajo y capital el máximo producto. La transformación de las primeras materias que utiliza, así como el acercamiento del producto hacia el consumidor, se traduce en incremento de utilidades que recibe la colectividad y que constituye la base de la *plus valía* que va creando. Solamente en esta *plus valía* es la que justifica sus gastos como los salarios y sueldos, los intereses del capital y la renta por el uso del suelo y, al mismo tiempo, el beneficio del empresario.

Sin desprenderse la empresa de esta función social que le está encomendada, en un régimen de propiedad privada debe revestirse de cierta garantía para que en todo momento pueda cumplir con los compromisos que contrae con terceros. Actualmente, como norma principal de la administración de las sociedades con responsabilidad limitada, se ha establecido el principio de la conservación del capital escriturado, el cual, si hoy se considera como suficiente para establecer aquella garantía, no lo es evidentemente para asegurar el debido cumplimiento de aquella función social.

La legislación actual antepone el interés privado al colectivo, y si la empresa contrae deudas y éstas se consideran jurídicamente canceladas devolviendo o pagando la cantidad prestada o acreditada, es obvio que dicho principio de la conservación del capital constituye la mejor garantía, aun en el caso de que los valores monetarios sufran considerables variaciones. Un préstamo de mil pesetas podrá ser cancelado con otras mil pesetas, aunque estas últimas sean de distinto valor que las primeras. Para el empresario, se convierte el indicado principio en un precioso instrumento que le permite desligarse de su deber social, puesto que, gracias a él, puede apropiarse de beneficios no realizados. La relación que necesariamente debe existir entre la *plus valía* que la empresa va creando y su beneficio, en virtud del indicado principio, queda completamente rota.

A la economía nacional o a la colectividad, lo que le interesa es que la empresa haga su máxima aportación posible a la renta nacional, para lo cual deberá procurar que su productividad no decaiga. Desde el punto de vista de la justicia distributiva, tampoco le interesa a la colectividad que se determinen beneficios ficticios. Para asegurar el cumplimiento de ambas condiciones, debe además estar regida la administración de las empresas por otro principio que lo designaremos de la conservación de la potencia productiva. De esta manera se le obliga, además de conservar el valor nominal de su capital escriturado como hasta ahora, el de conservar debidamente sus inmovilizaciones para que su rendimiento no decaiga y se impida al mismo tiempo la determinación de beneficios irreales. Es decir, la necesaria relación entre la *plus valía* que la empresa aporta a la economía nacional y el beneficio del empresario queda así asegurada.

Como podrá observarse, con la introducción de este segundo principio de la conservación de la potencia productiva, no nos hemos propuesto otra cosa que la protección de la empresa contra todos sus posibles enemigos. Siendo como es un elemento principal de la economía nacional, debe ser mantenida siempre en condiciones que le permitan prestar a la colectividad la máxima utilidad posible. Como consecuencia de ello debe legislarse de tal manera que no sea posible su debilitamiento como consecuencia de un excesivo afán de lucro, por unos impuestos excesivos, por errores derivados de prejuicios contables, o por la deficiente conservación y estímulo de sus elementos productivos.

4.—*Protección al capital.*

En un régimen de propiedad privada, la única fuente de capitales la constituyen los ahorros individuales voluntarios, y por ser el capital elemento indispensable de la empresa, es preciso estimular la formación de dichos ahorros para lo cual existen tres medios: la debida protección al capital y al trabajo, la protección a la empresa y la consecución de la mayor justicia distributiva.

Al referirnos al capital hemos de distinguir el que percibe dividendo y el que percibe interés. La protección principal para ambos es la fiel observación por la empresa de los dos principios anteriormente mencionados. Ello le obliga a mantener en debidas condiciones todos sus medios de producción, realizando las amortizaciones convenientes y no repartir beneficios no realizados. Pero, esta protección no es todavía suficiente. En el proceso de capitalización existe una fase muy peligrosa, no solamente para el capitalista, sino para la colectividad. Se trata de la llamada inversión, es decir, de la conversión de los ahorros en verdadero capital.

El verdadero capitalista, no el especulador, sino el que va acumulando sus ahorros para proporcionarse con ellos una renta, va generalmente en busca del mayor interés o dividendo, sin que en la mayoría de los casos pueda formar exacto juicio de su inversión. Si la empresa que solicita sus ahorros tiene las manos libres para simular grandes beneficios y no está obligada a exponer detalladamente y con las suficientes garantías el objeto a que debe ser destinado el capital que solicita, es fácil engañarle y esterilizar el sacrificio que representa aquel ahorro. Las quiebras y conversiones que desgraciadamente se dan con demasiada frecuencia, atestiguan la excesiva libertad o irresponsabilidad que concede la actual legislación.

Con relación al capital que percibe dividendo, siendo en general numerosos los capitalistas que han hecho aportaciones a la empresa, además de lo indicado, el problema consiste en proteger a unos contra otros; es decir, la protección de los llamados minoritarios. Este problema reviste un carácter social, no solamente por la gran cantidad de minorista que figuran en todas las empresas, sino porque, de no estar debidamente protegidos contra los abusos que los gestores pueden cometer, esta clase de ahorro tan interesante para el desarrollo de la economía nacional iría desapareciendo.

Conviene analizar detenidamente este aspecto del problema ya que hoy día, sin grandes probabilidades de incurrir en error, podemos afirmar que la mayoría de dichos minoristas no merecen la consideración de capitalistas, sino más bien la de especuladores. Estos no buscan el dividendo, sino las cotizaciones bursátiles de sus títulos, y sea cual fuere el ordenamiento jurídico que pretenda proteger sus derechos desde el punto de vista individual, será muy difícil que lo usen debidamente. En primer lugar porque, si carece de la *affectio societatis*, toda su atención la pondrá en la vigilancia de aquellas maniobras financieras que puedan determinar diferencias importantes en las cotizaciones de sus títulos, convirtiéndose la mayoría de las veces en factor perturbador más bien que en elemento que contribuya a encauzar la gestión por los senderos del interés colectivo. Si se tratara de un verdadero accionista, de aquél que se halla provisto de la *affectio societatis*, porque sería hacerle un flaco favor al obligarle a vigilar la gestión de todas aquellas empresas en las que ha ido invirtiendo el capital. Aún en el caso dudoso de poseer la suficiente capacidad para dicha vigilancia, es este materialmente imposible para todos aquellos cuya renta constituye sólo un complemento de sus ingresos totales. Solamente los grandes capitalistas, los que viven exclusivamente de sus rentas e incluso pueden permitirse el lujo de tener administradores, serían prácticamente los únicos que podrían practicar aquélla, pero, como generalmente pertenecen estos últimos a la clase mayoritaria, y como tales formarán parte de algún Consejo de Administración, aquellas garantías que se pretende dar a los minoritarios no les afectan.

Creemos que el verdadero problema consiste más bien en legislar de tal manera que pueda ser reducida al mínimo esta masa nómada de accionistas, para lo cual, el mejor remedio radica en una legislación que sea capaz de darnos las mayores garantías de que la administración de la empresa sea basada en el negocio financiero, al objeto de que los movimientos que en la Bolsa vayan adquiriendo las cotizaciones de los respectivos títulos, sea fiel reflejo de las vicisitudes que el negocio industrial vaya sufriendo. Si el ordenamiento jurídico que se establezca tiene por base esta finalidad, la mejor garantía para el accionista minoritario verdadero, es decir, para el pequeño capitalista, ha de consistir en la estrecha vigilancia, por parte de los organismos oficiales del Estado, del cumplimiento de la ley. Ello, no obstante, no impide que se le conceda una pequeña intervención directa, lo suficiente para estimular la buena gestión del Consejo y procurando que no se convierta en obstáculo que dificulte el normal desarrollo del negocio.

5.—*Protección al trabajo.*

Si considerada la empresa desde el punto de vista individual, tiene por finalidad principal ganar dinero, desde el punto de vista social, como ya hemos indicado anteriormente, tiene el deber de conseguir el mayor rendimiento posible de los medios de producción que utilice y, además, mediante los salarios, sueldos, intereses y renta por el uso del suelo, debe procurar la mayor justicia distributiva. Y como entre los medios de producción se halla el trabajo y entre los factores de la distribución de la riqueza su salario, es obvio que ambos han de ser objeto de la mayor atención.

Se nos presentan con ello dos problemas, el del rendimiento del trabajo y el de su remuneración. No obstante, teniendo en cuenta que sigue siendo el afán de lucro el mayor estímulo para las actividades individuales, sin negar la existencia de otros factores cuya influencia en el rendimiento no es despreciable, vamos a tratar los indicados dos problemas como si se fundieran en uno solo: el de la retribución al trabajo.

Bajo el régimen capitalista, las empresas se han convertido en sociedades de capitales; el trabajo sigue siendo tan ajeno al negocio, como el suministrador de las primeras materias que consume, cuyo único interés se cifra en el pago del valor de sus suministros. Y ello a pesar de ser el trabajo el principal medio de producción y depender de él el mayor o menor rendimiento del proceso productivo. Como consecuencia lógica de esta conducta deberíamos llegar a la conclusión de que existen dos clases de seres, los que aportan su capital y los que aportan

su trabajo, debiendo ser estimulados los primeros y darles toda clase de garantías, mientras que la condición especial de los segundos no exige ninguna de ambas medidas, lo cual es evidentemente falso.

Esta anomalía es consecuencia lógica del concepto que el capitalismo ha formado del salario. Si un padre de familia con su trabajo exclusivamente gana nada más que lo indispensable para la vida suya y la de su familia (esposa y dos hijos), es impropio que a dicha retribución se la denomine salario puesto que con ella solamente se cubren los gastos del trabajo. Como sería impropio también que a los gastos correspondientes a la explotación de los restantes medios de producción, como son el carbón, combustibles líquidos o gaseosos, lubrificantes, reparaciones y amortización, se les incluyera en la categoría del interés del capital. Dicho interés es lo que percibe el capital una vez cubiertos los gastos de los medios de producción que representa, y constituye, por lo tanto, una remuneración neta, mientras que el salario tal como se concibe es una retribución bruta que muchas veces no cubre ni los gasos. El verdadero salario debe ser, pues, la retribución al trabajo una vez deducidos sus gastos de manutención, vestido, vivienda, reparación y amortización; es decir, el beneficio neto, y si el capitalismo confía su determinación al libre juego de la oferta y la demanda, ha de ser solamente dicho beneficio neto el que caiga en su esfera de acción. Dichos gastos, en cualquiera de los casos, constituyen una carga social ineludible, por cuya razón es impotente la ley de la oferta y la demanda para reducirla o aumentarla, como lo es igualmente para variar el gasto que exige una máquina que ha de funcionar eficazmente. Si la empresa se desentiende de él, la justicia distributiva ha de quedar forzosamente resentida y el estímulo al trabajo considerablemente reducido.

Aunque aparentemente ajenas al tema que presentamos, hemos hecho las anteriores consideraciones sobre el trabajo con el objeto de disponer de argumentos para tratar de otra importantísima cuestión planteada, como es la de la participación del trabajo en los beneficios de la empresa. Admitir dicha participación equivale a considerar al trabajador como accionista de la misma, lo cual nos ha de llevar a un absurdo como veremos.

Como tal accionista, no tendría derecho a retirar de la empresa su propia aportación ni tampoco podría transferir su propiedad a un tercero. Ningún accionista está autorizado para retirar el medio de producción que su acción representa. No obstante, si al trabajador se le entregaran acciones por valor equivalente a su aportación, podría transferirlas a condición de que se obligara a permanecer toda su vida en la misma empresa y aun así, resultaría que al morir no le quedaría más remedio a dicha empresa que recuperar aquellas acciones para entregarlas al que le sustituyera. Ya vemos que esto es imposible y que más bien perjudicaría al trabajo, al convertirse en esclavo, y a la empresa, al quedar obligada a utilizar sus servicios aun en el caso de tratarse de un indeseable.

Por otra parte, si el trabajo participa en los beneficios, ¿cuál será el salario? Es evidente que solamente se le pagarían los gastos como se hace ya con el capital, es decir, se le abonaría el salario de vida, el estrictamente indispensable para mantener las fuerzas del trabajo (manutención, vestido, vivienda y amortización). Sin tener en cuenta las enormes dificultades que un régimen parecido originaría a la gestión, no creemos que sea esta solución preferida por el trabajador, ni siquiera el mejor estímulo. Su general incapacidad para el debido gobierno de sus intereses le convertirían en desconfiado.

La posición más lógica y probablemente la que más le convendría, sería aquélla por la cual se le equiparara a un obligacionista cuya aportación le proporciona un interés neto cuya cuantía fija el libre juego de la oferta y la demanda. Como tal, además de satisfacer sus gastos (salario de vida), se le complementaría con una cantidad proporcional a la producción conseguida (salario de rendimiento) y teniendo en cuenta que con el tiempo se va perfeccionando y, en consecuencia, incrementa su propia aportación, se le gratificaría con otro suplemento proporcional al tiempo de servicio (salario de permanencia).

La actual legislación sobre el trabajo marca ya tendencia parecida a la solución que apuntamos y es de desear sean subsanados rápidamente algunas deficiencias naturales a toda reforma incipiente, sin lo cual cualquier modificación en el régimen jurídico de la Sociedad Anónima se verá imposibilitada para rendir sus frutos.

6.—*El empresario.*

Si el aspecto social de la empresa ha de prevalecer sobre cualquier otra consideración, la existencia del empresario queda justificada solamente en el caso de que con su actuación, la colectividad percibe mayor ventaja. Esta ventaja ha de traducirse forzosamente en mejor aprovechamiento de los medios de producción que utiliza y en la necesaria armonía entre su beneficio y el servicio que debe prestar a la colectividad.

El mayor rendimiento de la explotación regida por el empresario debemos atribuirlo, en primer lugar, al conocimiento de los negocios, al don de mando, a su capacidad organizadora, a su temperamento especial, a su poder de decisión independiente, etcétera. No es la de empresario una función que pueda desempeñar cualquiera. Los negocios son cada vez más complicados y requieren mayores conocimientos, y si bien es verdad que existen muchas personas con capacidad suficiente para desempeñar brillantemente la dirección de una empresa, no es precisamente esto lo que más caracteriza al empresario, sino su temperamento conquistador y luchador en el terreno económico y capaz de afrontar el riesgo natural que toda explotación lleva consigo.

Son muchos los factores que influyen sobre la actividad del empresario y entre ellos podemos considerar en primer lugar el afán de lucro, la conquista del beneficio sin límites, no solamente por las ventajas que le reporta ganar dinero, sino porque al ser calificada su gestión a través de dichos beneficios, ello halaga su vanidad o amor propio.

Pero, si el empresario no expusiera otra cosa que la pérdida de su trabajo o su reputación, serían muchísimos los candidatos que, sin reunir aquellas dotes necesarias, irían a probar fortuna con gran perjuicio para la colectividad. Para evitarlo y conseguir que la mejor selección posible, el riesgo debe ser mucho mayor que la pérdida de su trabajo o reputación, por cuyo motivo la gestión debe recaer precisamente a la mayoría del capital; es decir, a los que más arriesgan, sin perjuicio de que, si no reúnen aquellas dotes en su totalidad, puedan suplir esta deficiencia mediante colaboradores retribuidos.

La desaparición del riesgo inherente al empresario-capitalista

convertiría a éste en simple mandatario, y si éste fuera capaz de desempeñar su función con la misma brillantez del otro, quedaría demostrada la necesidad de socializar todas las empresas. Por la experiencia hasta hoy recogida, el empresario capitalista es por ahora insubstituible, y si en algunos casos, o en muchos, su gestión ha sido defectuosa, debe atribuirse más que a nada al hecho de que, dadas las atribuciones que le concede la actual legislación, ha conseguio burlar dicho riesgo, o por lo menos reducirlo a la mínima expresión. El actual empresario tiende a trabajar más con el dinero ajeno que con el propio.

La evolución técnica y el desarrollo que a su amparo ha sufrido la economía, le han facilitado aquella posición. La concentración de capitales en las empresas, originada por la nenecesidad de cantidades de producción cada vez mayores y la constante reducción de precios, ha tenido por consecuencia la concentración de la iniciativa industrial en unas solas manos, las del empresario. La preponderancia que el capital fijo ha ido tomando sobre el circulante en las empresas, ha exigido a éstas la utilización de capitales cuya cuantía escapa a las posibilidades personales del empresario, el cual ha tenido que recurrir al capital ajeno cada vez en mayor cantidad. Y como consecuencia de las grandes cantidades de producción que debe introducir en el mercado, cada vez se hace más difícil equilibrar la producción con el consumo, lo cual le ha llevado a otra forma de concentración mediante la formación de «Cartels» y «Trusts».

Podemos calificar a estas concentraciones como necesidad impuesta por el progreso económico que en principio nos vemos obligados a aceptar, pero, al mismo tiempo, no podemos dejar de reconocer los peligros que encierran y nuestro deber de combatirlos. No hemos de ver en estas concentraciones aquéllas que Marx predijo, puesto que si en realidad existe concentración de capitales en las empresas, por el contrario, la propiedad de los mismos es cada vez más diluída. El peligro está en la concentración de mandos, en virtud de la cual y de los poderosos medios que las finanzas ponen a su alcance, se constituye un Estado dentro de otro Estado imponiendo el primero su voluntad al segundo. Los abusos que de dicha concentración de mandos se pueden originar son muchísimos, entre ellos la intervención en los mercados para estrujar al consumidor, pero donde se manifiesta con más gravedad es en el sector del crédito.

Nuestro malogrado Calvo Sotelo dijo en 1935 «que no hay clase capitalista, pero sí concentración oligárquica de poderes económicos. Su tablero es la Sociedad Anónima. Su instrumento, el Consejo de Administración. Su efecto, el acaparamiento directivo en pocas manos de la alta administración plutocrática. El fenómeno es casi mundial. En España se revela en brotes aún tiernos y quizá inocuos, de momento; pero es que nuestra vida financiera no ha culminado en magnitudes frondosas ni imperialistas. En Inglaterra, en Francia, en Alemania, en Norteamérica, el fenómeno se exhibe agresivo, irritando masas, plumas y tribunas».

Según Delaisi, entre los doce consejeros del Banco de Francia reunían 150 plazas de Consejero n 95 firmas o entidades. De éstas, 35 Bancos privados, ocho Compañías de seguros, ocho empresas de navegación o de armamento, siete metalúrgicas, seis eléctricas, ocho mineras, 12 químicas y seis varias, especialmente grandes almacenes. La mayor parte de la economía privada francesa resultaba así gobernada por los dirigentes del Banco de emisión. Otra estadística también francesa anota que en 1932, en la vecina República, 90 personas desempeñan por sí solas 735 plazas de Consejero en diversas sociedades. Por su parte, Fried señala que la industria alemana de primeras materias (minas, potasa, hierro, acero) está en manos de diecinueve familias o personas, poseedoras en junto de una fortuna de 810 millones de marcos; que la industria de transformación lo está en las de once familias o personas con un capital global de 230 millones, y que la industria química lo está en las de doce familias, poseedoras de 210 millones de capital. Según Jouvenel, el norteamericano Samuel Insull, antes de la quiebra, fué Consejero de 80 sociedades. Los dos hermanos Mellon acaparan 88 Administraciones de otras tantas Sociedades, a la vez que un tercer hermano es ministro de Hacienda. La casa Morgan disponía de 118 Consejerías en 34 Bancos, con 2.769 millones de dólares de capital; de 30 en 10 Compañías de Seguros, con 2.293 millones; de 105 en 32 Compañías ferroviarias, con un capital de 11.784 millones; de 63 en 24 Compañías industriales o comerciales, con capital superior a 3.400 millones de dólares, etcétera. ¿Para qué citar más cifras?

7.—*La Sociedad Anónima.*

Parece ser que el ordenamiento jurídico más apropiado para el desarrollo de la actividad económica es la Sociedad Anónima, cuyo origen hay que atribuirlo a dos motivos principales; a la magnitud del capital necesario y a la magnitud del riesgo.

Según A. Weber, la Sociedad Anónima permite la separación entre la propiedad y la actividad de la empresa; amplía el círculo de capitales que participan en el desarrollo industrial, siendo posible la desaparición de toda limitación al crecimiento de la explotación; la naturaleza especial de la Sociedad Anónima hace posible, y el legislador tiene en su mano desarrollar esta posibilidad, que un círculo cada vez mayor de interesados económicamente participen con su crítica en la conducta de la Sociedad, influyendo así sobre las grandes directrices con arreglo a las cuales se desenvuelve el desarrollo industrial económico privado. Lo decisivo es, sin embargo, que merced a la Sociedad Anónima se hace a lo económico independiente totalmente de todo lazo personal y del azar que con ellos puede ir ligado; puede vivir su vida por sí mismo.

En virtud de lo indicado, y gracias al carácter impersonal de la Sociedad Anónima, se facilita en gran manera la necesaria intervención estatal limitada a la vigilancia en el cumplimiento de sus deberes sociales, ya que, por encima de los intereses del trabajo, del capital y de la propiedad, así como de los correspondientes al empresario, existe el interés colectivo o nacional que en todo momento exige la solidez y desarrollo de la empresa.

Es precisamente la Sociedad Anónima la que más se presta a la conciliación del principio socialista con la autonomía del liberalismo, conservando de éste, en lo posible, la valiosa iniciativa del empresario y el estímulo de lucro del hombre medio. En el campo de las Sociedades Anónimas se observa mejor la plena posibilidad de realización de esta síntesis individual capitalista y la social colectivista (Garrigues).

A las ventajas anteriormente descritas hay que añadir la de faciliar a los pequeños capitalistas la colocación de sus ahorros,

con lo cual se impide la formación de la llamada por los socialistas clase capitalista, puesto que con aquélla se abren sus puertas a todo el mundo, sin excepciones de ninguna clase.

Pero, para que dichas ventajas sean patentes, es preciso una ordenación jurídica que sepa coordinar el desarrollo de la acción con los fines económico-políticos que a la Sociedad Anónima le están encomendados. Estas finalidades pueden resumirse en las siguientes que consideramos principales:

1.º Conservar la parte del patrimonio nacional que utiliza y contribuir al incremento de la renta nacional correspondiente a cada individuo.

2.º Distribuir la *plus valía* que va creando con la máxima equidad.

3.º Dar las máximas garantías al trabajo y al capital, como condición necesaria para originar los estímulos convenientes.

4.º Conseguir de sus medios de producción el máximo rendimiento.

Desde un punto de vista general, se puede afirmar que hoy día no cumple a satisfacción ninguna de las indicadas finalidades, y ésta es la razón por la que se impone una fundamental reforma, sin la cual, como ya indicamos, no solamente peligra su existencia, sino la del régimen político-económico que la ampara.

A continuación iremos analizando sus desviaciones al objeto de que puedan ser corregidas.

8.—*El principio de la conservación de la potencia productiva.*

El cumplimiento de este principio o regla lo consideramos fundamental. Cualquier reforma que no lo tenga en cuenta será completamente estéril.

La actual legislación no se preocupa más que de la conservación del valor nominal del capital escriturado. Mientras la Sociedad conserve dicho capital, sea cual fuere el valor real del mismo, está autorizada a proceder con la mayor autonomía y las pérdidas efectivas podrá transformarlas en beneficios. Por ejemplo, un industrial instaló veinte máquinas para fabricar clavos, produciendo cada una 100.000 clavos al día. Las compró al precio de 50.000 pesetas cada una. En su activo figurarán por valor de 1.000.000 de pesetas. A los diez años transcurridos, dichas máquinas han quedado inservibles y tiene que proceder a su renovación. Pero valen entonces las nuevas 100.000 pesetas cada una. Supongamos que su valor inicial ha sido amortizado exactamente y que, por lo tanto, figura en su pasivo un fondo de amortización de 1.000.000 de pesetas. Para reemplazarlas todas necesita ahora 2.000.000 de pesetas, pero como en el fondo de amortización solamente tiene 1.000.000, tiene que desembolsar ahora otro 1.000.000 de pesetas para conservar la anterior potencia productiva. Este desembolso constituye la pérdida que ha ido arrastrando durante dicho período por falta de amortización y que fué transformada en beneficios.

Pero como este industrial no está obligado a mantener aquella potencia productiva inicial, con el fondo de reserva constituído podrá renovar solamente la mitad de su equipo, siguiendo la explotación con diez máquinas solamente. En este caso, su activo no habrá variado, el principio de la conservación del capital se habrá cumplido, pero la potencia productiva se habrá reducido a la mitad. En realidad, dicho industrial ha convertido una parte de su capital real en beneficios, aunque su capital nominal lo haya conservado intacto, y la colectividad habrá perdido la producción correspondiente a las diez máquinas en que se ha reducido el equipo.

Con este ejemplo bastará para comprender la importancia que para la economía nacional tiene el problema de la amortización de las inmovilizaciones, las cuales, en una nación tan poco industrializada como la nuestra, se pueden valorar fácilmente en miles de millones, y al mismo tiempo el poderoso instrumento que se pone en manos de los Consejos de Administración para llevar la administración de sus empresas por el camino de sus propios intereses y en perjuicio de los mismos accionistas y de la economía nacional. Y ello se lo sirven en bandeja porque, en general, el accionista, deseoso de que la empresa le entregue un buen dividendo, ignora que con él va una parte de su mismo capital y queda contento y agradecido, y porque, por un temor infundado a que se reduzcan los impuestos que recaen sobre las utilidades, es el Estado, mediante sus leyes fiscales, el que más obstáculos pone a que las amortizaciones sean hechas debidamente, o sea, a los valores de reposición.

Mientras no sea rectificada esta conducta mediante una legislación que impida la práctica de amortizaciones deficientes, seguirá siendo un problema facilísimo el de determinar beneficios en cualquier empresa, incluso en aquéllas cuya marcha es evidentemente ruinosa. Naturalmente, que dichos beneficios serán ficticios, pero como la ley lo ampara y una contabilidad rutinaria lo sanciona, la responsabilidad es nula y en muchos casos se convierte en una acción meritoria que ensalza al Consejo de Administración.

Durante los pasados años de inflación observaban algunos industriales asombrados que mientras su contabilidad arrojaba beneficios cuantiosos, sus cuentas de crédito bancario crecían desmesuradamente. ¿Cómo es ello posible?, preguntaban. Y es que estaban sufriendo una descapitalización a través de aquellos beneficios ficticios en los cuales creían ciegamente. Pudo demostrarse en algunos casos cómo las sumas pagadas al Estado en concepto de beneficios extraordinarios superaban a sus beneficios reales.

La reforma de la Sociedad Anónima tiene que resolver este extremo en primer lugar. Todo lo que se haga sin ello será completamente superfluo, porque no conseguirá convertirla en instrumento útil al interés social o nacional.

9.—*Los beneficios ficticios.*

No es solamente por el incumplimiento del principio de la conservación de la potencia productiva que dichos beneficios ficticios pueden ser determinados. Existe otra operación contable, cuyos efectos se superponen a los ya indicados, y que, por la cuantía de las cifras que en ella se barajan, su importancia no es menor. Se trata del inventario extracontable.

Forma parte de la ecuación del beneficio la diferencia entre los dos inventarios de apertura y cierre, cuya diferencia se determina valorando las existencias en pesetas sin tener en cuenta las variaciones que haya podido experimentar su valor durante el ejercicio. Si al empezar el ejercicio la peseta tenía un valor distinto del que posee al finalizar, una regla aritmética elemental nos impide hallar aquella diferencia sin haber convertido

todas las pesetas al mismo valor, y no obstante, en contabilidad deben regir otras matemáticas por nosotros desconocidas porque dicha regla no es tenida en cuenta y, en consecuencia, el beneficio viene considerablemente incrementado o reducido por el error que de esta manera se comete.

Supongamos un comerciante que tiene el prurito de regular de tal manera sus existencias que la diferencia física entre las que poseía al empezar cada ejercicio y las que le restan a su terminación es nula. Es decir, que si se tratara de un comercio de vasos, en su almacén siempre existe la misma cantidad; supongamos 2.000. Durante un período de inflación, el valor de la peseta ha ido decreciendo y el precio de los vasos aumentando en la misma proporción. Si hallamos la diferencia entre los valores nominales de dichas existencias a primeros y fines de cada año, obtendremos un término positivo que habrá que agregarse al beneficio, y no obstante, dicha diferencia real es nula porque al permanecer invariables aquellas existencias, así como sus valores reales, no ha podido influir en el beneficio en lo más mínimo.

Existe todavía otra causa de error. Se sigue discutiendo aún si aquellas existencias, especialmente las de productos terminados y valores en cartera, han de ser valoradas al precio de coste o al de venta. Es decir, se discute si en la determinación de los beneficios reales de la empresa se pueden introducir operaciones supuestas, ya que no puede calificarse de otra manera una venta no realizada. Ante esta duda preguntamos: ¿Es posible que un negocio se pueda fundamentar en suposiciones como las de la fábula de la lechera?

Si no se imponen normas para la determinación de los beneficios reales y consciente o inconscientemente se deja esta importantísima función al arbitrio del Consejo de Administración, la justicia distributiva será siempre un mito y los enemigos del empresario irán formando legiones cada vez mayores.

Finalmente, ya que de normas contables estamos tratando, consideramos necesario salir también al paso de otro deseo que actualmente se manifiesta con gran intensidad. Nos referimos a la revalorización del activo, especialmente de las inmovilizaciones. Como si fuera panacea, se propone la revalorización como solución para que la contabilidad acuse la situación real de las empresas ante la depreciación que nuestra moneda ha sufrido. El escollo más grande que se opone a tal operación es la ley fiscal, puesto que consideraría como beneficios sujetos a gravamen por Tarifa Tercera el Fondo de reserva que como consecuencia de dicha revalorización aparecería.

En el supuesto de que fuera desgravada dicha reserva y, por lo tanto, fuera permitida la revalorización, aparte de engañar a los demás, y a sí mismos, ¿qué ventajas podría reportar? ¿Es que con ella mejoraría la situación actual de las empresas con relación a la renovación de su viejo y anticuado equipo maquinal? Si por el mero hecho de cambiar unas cifras inscritas en el activo y pasivo de la contabilidad fuera posible realizar aquel milagro, la industrialización de nuestra patria no ofrecería dificultad alguna. pero por lo visto hay quien cree en la magia de los números, especialmente en los que se registran en los libros de contabilidad, como lo prueba la creencia firmemente defendida de que una vez amortizada la cifra que en el activo representa a los medios de producción, éstos han quedado también amortizados. Y es debido a esta creencia principalmente, el que la operación de amortizar no pueda ser hecha correctamente si aquellas cifras del activo no se modifican ajustándolas a los valores reales. Es decir, si las inmovilizaciones figuran por 1.000.000 de pesetas, podremos amortizar solamente igual cantidad, y si como consecuencia de una inflación, por ejemplo, aquellas inmovilizaciones han duplicado o triplicado de valor, la amortización no podrá ser hecha al precio de reposición si anteriormente no se ha hecho la consiguiente revalorización de dichas inmovilizaciones.

Esta es la única ventaja, en vistas al porvenir, que puede atribuirse a dicha revalorización; pero, ¿no es mucho más sencillo que para alcanzar el mismo resultado se permita la amortización racional, es decir, al precio de reposición sin necesidad alguna de revalorizar? Por lo menos no se expone a los peligros que esta última operación encierra. Para los que no se molestan en hallar el significado de las cifras contabilizadas, dos y dos son siempre cuatro, sin tener en cuenta que muchas veces aquella suma se traduce en número negativos lo suficientemente poderosos para arruinar a una empresa. Para aquéllos, una Sociedad constituída con un capital de 10.000.000 de pesetas será siempre más solvente y más útil a la economía nacional que otra de capital inferior, sea cualquiera el significado de dichas cifras.

Estos errores o prejuicios contables que se oponen a la buena administración de toda clase de empresa, son los que no puede soslayar ningún legislador que pretenda imponer un orden jurídico que facilite su desenvolvimiento sin dañar a la economía nacional. Han de constituir necesariamente la parte fundamental de cualquier reforma encaminada a encauzar los negocios por sus vías racionales, por aquéllas en que las finanzas constituyen un instrumento puesto al servicio de la economía; un órgano que le proporcione la savia que necesita en lugar de un parásito que se alimenta de ella, restituyendo a la empresa su objetivo puramente económico-industrial.

Este es el aspecto de la reforma que, como técnicos y amantes del progreso, tenemos el deber de propugnar y prestar nuestra indispensable colaboración. La tradicional indiferencia manifestada generalmente por nuestra clase ha sido fatal para la profesión y para la colectividad nacional.

Estas anomalías, que afectan en general a todas las empresas, son más que suficientes para exigir la reforma de nuestro Código de Comercio y de las leyes fiscales, pero no son las únicas. La Sociedad Anónima puede amparar otras de no menor importancia, en cuya reforma deben hallarse comprendidas. Haremos un análisis de las que consideramos principales.

10.—*Desviaciones sufridas por la Sociedad Anónima.*

La Sociedad Anónima se basa en las características del contrato mercantil fundado en el libre pacto y en la voluntad soberana de las partes. Nuestro Código omite las reglas esenciales que pudiesen definir y vigilar el desenvolvimieno de dicha Sociedad. Como consecuencia de esta libertad ilimitada, es la Sociedad Anónima la genuina representación del espíritu liberal del «laissez faire», y si ello pudo dar sus frutos en épocas pasadas y en los primeros momentos de su desarrollo, hoy día, dada su gran extensión y la enorme importancia que ha adquirido, debe evolucionar cediendo terreno a la teoría institucional

al objeto de que el interés privado y el nacional o colectivo puedan ser armonizados. De no realizar dicha reforma y no atender preferentemente a esta necesidad, el feudalismo financiero que al amparo de aquella libertad se va creando, será el que, en fecha no muy lejana, destruya por completo las esencias del capitalismo liberal, abriendo definitivamente las puertas a la socialización.

El divorcio actualmente existente entre la Sociedad Anónima y el interés nacional, no debemos atribuirlo a la concentración de capitales ni siquiera a la de mandos, sino al abuso del poder que se deriva de esta última concentración y, especialmente, al uso indebido del crédito. A no ser que nos propongamos dificultar el desarrollo de la Sociedad Anónima y con ello el de la propia economía nacional, aquella concentración de capitales, lejos de ser entorpecida, ha de ser favorecida, ya que sin ella es imposible conseguir las racionalizaciones que el continuo progreso nos exige. Y como dichas concentraciones de capital llevan aparejadas las del mando, tampoco deben ser éstas obstaculizadas mientras no traspasen aquellos límites más allá de los cuales se convierten en verdaderos poderes que llegan a adquirir el dominio de los mercados y de todo el complejo económico nacional. El freno más eficaz para impedir el traspaso de dichos límites lo constituye la imposibilidad de determinar beneficios ficticios, es decir, la obligación de administrar racionalmente las empresas.

Los instrumentos de que se valen para la realización de aquellas concentraciones son varios, entre ellos los llamados «Cartels» y «Trusts», sobre los cuales se han manifestado opiniones contradictorias. Ambas instituciones ofrecen sus aspectos bueno y malo, y si existe algún medio para conseguir que predomine el aspecto bueno, sería ilógico que, en lugar de actuar en este sentido, nos empeñáramos en impedir su formación. Y como estos medios se hallan siempre al alcance de los Gobiernos y constituyen un ordenamiento jurídico independiente del que se relaciona con la reforma de la Sociedad Anónima, no nos ocuparemos más de aquéllos y, en cambio, nos detendremos en el análisis de los llamados «Holdings», por ser éstos los que se prestan a las mayores perturbaciones y desviaciones.

Los «Holdings» o sociedades de sociedades —dice Calvo Sotelo— degeneran fácilmente en ganzúa para la dominación financiera de empresas industriales. No deben confundirse *"Holdings"* e *"Investment trusts"*. Aquéllas adquieren acciones de otras sociedades, con ánimo de controlarlas; éstos se proponen tan sólo distribuir un capital entre diversas Sociedades, sin inmiscuirse en su régimen interior. Esta diferencia tiene matiz puramente doctrinal, pues en la práctica no logra consolidarse.

Unas y otras son fórmulas de concentración empresarial. Concentración por la fuerza. La «pirámide» es procedimiento infalible para la captura, con poco capital, de medias y pequeñas sociedades. He aquí un ejemplo: los hermanos Wan Sweringen forman la «General Securities Corporation», reservándose el 51 por 100 de sus acciones. La «General Securities Corporation» crea la «Alleghany Corp.» y se reserva la mayoría de sus acciones. En igual forma, la «Alleghany Corp.» crea la «Chesapeake», y ésta la «Chesapeake Corporation and Ohio», y ésta, la «Hocking Valley». A la postre resultará que los fundadores gobiernan la «Hocking Valley» con un 0,25 por 100 de su capital. Gaillard expone el ejemplo siguiente: La superposición de seis *Holdings* permitirá manejar 64 millones de dólares con un millón de capital. Y todo ello sin tener en cuenta el capital obligaciones.

Como ya hemos indicado, no es la concentración en sí la que combatimos, puesto que puede ser originada por una necesidad económica. Son los abusos que de dicha concentración de mandos se derivan, dando lugar a la formación de una autocracia de las finanzas, que según el ya citado Calvo Sotelo «no sabe dignificar su misión; antes al contrario, abusando de sus poderes, parece dispuesta al suicidio moral y político», y porque con ella se consigue el desplazamiento del industrial por el financiero, dando lugar a «que se sitúen a la cabeza de las empresas no buenos administradores únicamente preocupados del fin social, sino burócratas atentos a su personal provecho, y a lo sumo al de las entidades financieras en cuyo nombre actúan».

Pero aún hay más, y ésta es, a nuestro juicio, la clave del problema, porque resulta que mediante dichas concentraciones el empresario elimina su riesgo y con ello el freno que podía impedir que su conducta se divorciara cada vez más del interés de los propios accionistas y especialmente del de la colectividad nacional. Un empresario puede substituir su riesgo por la responsabilidad, en cuyo caso más bien que empresario sería un mandatario como sucedería en un ordenamiento socialista, pero es inconcebible que dentro del capitalismo pueda ocurrir aquel caso sin negar su razón de existencia. Un empresario sin riesgo ni responsabilidad no puede ser cobijado por ningún régimen y, no obstante, el que hoy designamos capitalista lo permite.

Aunque desconocemos las frondosidades del Derecho, es de sentido común que esto plantea un problema jurídico de la mayor importancia. En la constitución de las «Holdings» mencionadas se atribuye la denominación de «sociedad madre» a la empresa cabeza de grupo y a las restantes «sociedades hijas o filiales». Como resulta que la sociedad madre posee la mayoría de todas las restantes y es, por lo tanto, la que manda, creemos que desde el punto de vista jurídico, aunque la ley les concede plena personalidad jurídica, deberían ser consideradas las filiales como personalidades jurídicas menores de edad y, en consecuencia, imposibilitadas de celebrar contratos entre ellas. Porque, en realidad, un contrato celebrado entre la sociedad madre y una filial es un convenio establecido entre una mayoría y la otra, y por ser ambas mayorías las mismas, dicho contrato o convenio ha sido celebrado, en realidad, por una única personalidad jurídica que no puede celebrar un contrato con ella misma, y, no obstante, es esto lo que ocurre entre las «Holdings» y un contrato que lógicamente no debería tener validez, al parecer la ley lo considera legítimo.

Al amparo de esta anomalía, se presta la «Holding» a toda clase de manipulaciones lógicamente fraudulentas. Pueden arruinar impunemente a muchos accionistas; pueden, especulando con las reservas y el crédito, conseguir pingües beneficios sin incrementar la riqueza nacional; pueden dominar los mercados en perjuicio del consumidor, y pueden convertirse en potencia que tiene en sus manos los resortes de la regulación de la economía nacional.

Para evitar estos abusos sería infantil decretar la prohibición de la «Holding»; en primer lugar porque no siempre es fácil descubrirla y porque muchas veces puede ser de gran utilidad. Basta, a nuestro juicio, con que la nueva legislación persiga y

castigue la determinación de beneficios ficticios y ordene el crédito en forma más racional que lo hace hoy día. Esta reglamentación del crédito la consideramos de tal importancia que sin ella será completamente ineficaz cualquier reforma de la Sociedad Anónima. Por este motivo hemos considerado indispensable tratar de ello.

11.—*El crédito.*

Con lo indicado se vislumbra ya otro de los elementos perturbadores por excelencia. Lo señala Calvo Sotelo de manera tan magistral que no nos atrevemos a cambiar sus palabras. «La multiplicación de las sociedades y de los signos mobiliarios coincide con el auge de la Banca de depósito. El banquero, primeramente, facilita crédito a corto plazo, con los depósitos de sus cuentacorrentistas; después sirve de mediador directo entre éstos y las empresas, para el crédito a largo plazo. Pero el banquero mediador cedió pronto la plaza al banquero empresario. La gran industria necesita gran capitalismo. El maquinismo exige enormes inmovilizaciones dinerarias; por ende, crédito a largo plazo, en alto volumen. El banquero se encuentra en lugar estratégico para rebuscar capitales, por un lado, y facilitarlos, por el otro. En un primer tiempo, no pasa de ahí. Pero inmediatamente, para incitar esa movilización de capitales —fuente de grandes lucros—, el banquero se erige en promotor de negocios. Unas veces de negocios nuevos. Otras, de negocios viejos, que el banquero amplía. La facilidad crediticia le es retribuída, no sólo con intereses y comisiones, sino también con puestos de Administrador. La Banca se incrusta en los negocios, los finanza, los dirige, los impulsa, los hipertrofia quizá, a veces los aniquila. Porque la Banca no aporta técnica ni especialización. Aporta capitales. No propios, pues los capitales de los Bancos tienen siempre exiguo volumen. Son capitales ajenos, ya confiados en forma de cuenta, ya reclutados por vía de empréstito. La financiación reviste inusitados vuelos. Los márgenes de beneficio, en las emisiones importantes, son cada vez mayores. Las diferencias bursátiles alcanzan todavía más altura. A la Banca le conviene crear papel, venderlo, recomprarlo, amortizar, emitir. Cierta Banca subvierte las categorías y hace esencia de la Fianza y accidente de la Producción. Como el dinero llama al dinero, la voracidad del especulador necesita cada vez mayor ritmo productivo. Se entra en la fase elefantiástica de la Producción. Producción en gran masa. Inflación de capitales de equipo maquinal y de mercancías. Dintel de la crisis, porque la capacidad de consumo no crece paralelamente.»

Confirma esta preponderancia bancaria con la cita de una estadística de Fried, según la cual las 11 fortunas más grandes de Alemania, que de hecho simbolizan la Oligarquía de la riqueza, se distribuyen en tres partes: Propiedad territorial, Industria y Finanzas. Pero la influencia de cada sector es inversa a su riqueza. La mayor riqueza es la territorial, y su influjo, el menor. La fortuna más pequeña está en la Banca y el comercio, pero su influjo es el más alto. Ya hemos visto también la influencia de los doce Consejeros del Banco de Francia, al reunir en sus manos 150 plazas de Consejero en 95 firmas o entidades, y cómo la casa Morgan disponía de 316 plazas de Consejero en 100 firmas o entidades, entre ellas, 34 Bancos.

Nuestro Código de Comercio divide a la Banca en dos categorías: Bancos de emisión y descuento, y Compañías de Crédito. A los primeros les prohibe hacer operaciones a más de noventa días, y a las segundas les autoriza para el crédito a largo plazo, para lo cual podrán emitir obligaciones. Se ve claramente que el legislador ha querido separar las dos modalidades crediticias, las de corto plazo y las de largo plazo. No obstante, hoy la Banca de descuento se dedica a ambas funciones, pero, como no está autorizada para emitir obligaciones, tiene que recurrir a su propio capital o a los depósitos de sus cuentacorrentistas, siendo este el mayor peligro que la actual organización bancaria encierra.

El destacado economista Adolfo Weber enjuicia esta cuestión con las siguientes palabras: «Los créditos a largo plazo no pueden, con arreglo a su propia naturaleza, ser concedidos por los Bancos. Estos aceptan el capital a cortos plazos y han de quedar siempre en forma «liquidable», a fin de estar en disposición de realizar reembolsos, por lo que han de hacer sus inversiones a corto plazo, a no ser que estén provistos de capital propio en gran cantidad, merced a lo cual, basados en él, puedan aceptar mayores riesgos.»

Analizando el mecanismo de la capitalización, se comprenderá el peligro que para la economía nacional ofrece la conducta actual bancaria, al no separar debidamente estas dos funciones del crédito a plazo corto y plazo largo. El crédito a plazo corto es el que principalmente regula la circulación monetaria, por cuyo motivo debe ser alimentado exclusivamente por las cuentas corrientes, es decir, por las cajas que constituyen el capital circulante de todas las empresas depositantes. En cambio, el crédito a plazo largo debe ser exclusivamente alimentado por los ahorros. Cuando ambos créditos se alimentan indistintamente de una u otra fuente, ni la regulación monetaria puede ser bien atendida ni la capitalización bien realizada. Los ahorros que se destinan al crédito a corto plazo, por el solo hecho de devengar el interés correspondiente al capital, se convierte en factor de inflación, ya que aquellos ahorros tienen por misión incrementar la potencia productiva de las empresas que los absorben, de cuyo incremento nace su propio interés.

Es indudable que una parte de los depósitos bancarios está formada por verdadero ahorro, sin que sea posible precisarlo nunca. Es el propietario del depósito, es decir, el cuentacorrrentista el que en un momento determinado lo ha de precisar. Por ello podría admitirse que se utilizaran discretamente dichos depósitos para el crédito a plazo largo, pero, como la Banca debe atender a su liquidez, y le está prohibida esta función, se ve obligada a utilizar la letra a noventa días renovable. Aunque encierra esta modalidad ciertos peligros para la propia Banca, en cambio se convierte en un instrumento valioso para la misma, mediante la cual va tendiendo la red que le incrementa su poder. Es verdad que si el empresario o industrial no abusaran del crédito, la Banca perdería aquel instrumento, pero también lo es que aquél, a veces, no tiene otra solución, porque el crédito a largo plazo le está vedado la mayoría de las veces. Es muy difícil, especialmente tratándose de empresas pequeñas y medianas, conseguir su entrada en el mercado de capitales sin contar con ella.

En gran número de Sociedades Anónimas, quizá la mayoría, y quién sabe si la totalidad, dados los errores contables que

cometen tanto en la formación de sus fondos de amortización como en la valoración de los inventarios extracontables, durante esta época de inflación sus beneficios contables han sido muy superiores a los reales. Al transformarlos en dividendos, han sufrido una descapitalización que les ha obligado a incrementar sus créditos bancarios a corto plazo, con lo cual han ido cayendo en las mallas de aquella red, convirtiéndose en presa de aquella institución.

Las que han podido alcanzar el mercado de capitales, aquellos descubiertos han podido ser reparados mediante la emisión de acciones u obligaciones, y resulta con ello que la economía nacional se encuentra con una cantidad respetable de ahorros sin capitalizar, es decir, de ahorros que se han utilizado para reponer aquellos capitales que anteriormente convirtieron en dividendos.

Quizás hubieran encontrado menos facilidades para realizar aquella falsa inversión si la Banca hubiera permanecido neutral, limitándose al papel de intermediario. Pero desde el momento en que, por lo general, se halla directamente interesada en gran número de negocios, aquella neutralidad ha desaparecido, y la dirección del ahorro hacia los lugares más convenientes para la economía nacional, que el Capitalismo liberal confiaba en el libre juego de las fuerzas económicas, ahora se halla en poder de la Banca, la cual, como es natural, lo conducirá allí donde sus exclusivos intereses lo reclamen.

Estas irregularidades y otras muchas que omitimos por no alargar más este trabajo, podrían ser subsanadas con la debida separación de ambos créditos, tal como nuestro Código de Comercio indica, y con la debida intervención de las inversiones que se solicitan. Cuando se hace una emisión, sea en acciones u obligaciones, es natural que se indique el objeto de la misma, y más natural aún que se investigue debidamente el cumplimiento del programa promulgado. La debida protección al accionista, al obligacionista y al interés colectivo, no solamente exigen aquella fiscalización, sino que debe extenderse también, especialmente en la emisión de obligaciones, en el examen de la debida solvencia de la empresa que solicita aquellos capitales. Con ello se impedirían la formación de muchas «Holdings» y algunas de las concentraciones de capital y mandos hechas exclusivamente con miras especulativas.

Si con la propuesta reforma de la Sociedad Anónima perseguimos el robustecimiento de las empresas y el desarrollo de la iniciativa privada para que el progreso económico nacional salga favorecido, hemos de tener en cuenta todos los factores que puedan oponerse a dicha finalidad, y buscar los medios para combatirlos. Entre ellos existe uno que en la mayoría de los casos se convierte en un peso agobiante que las impide avanzar. Se trata de la emisión de las Obligaciones. Si la empresa se ve obligada a recurrir a esta modalidad del crédito, se impone la carga de los intereses que devenga y las anualidades de amortización. Aunque el plazo sea largo, no creemos que normalmente exista ningún negocio cuyo rendimiento sea lo suficiente para atender a dichas cargas, y además, repartir un dividendo. Así es que, normalmente, una emisión sigue tras otra con el solo objeto de ir perpetuando la primera, lo cual será posible según la situación del mercado de capitales y la voluntad de la Banca. ¿Es posible que un negocio pueda desarrollarse debidamente con tales cargas y amenazas?

Si el crédito a largo plazo es financiado exclusivamente por las Compañías de Crédito, desde el momento en que ésas pueden emitir obligaciones, pueden entregar el producto de estas últimas a las empresas, con la garantía de acciones. Pero dudamos que en estas condiciones se atreviera nadie a fundar tal institución, puesto que el riesgo sería muy grande. No obstante, estamos convencidos de que es éste el principio de la solución. De la misma manera que todas las naciones han tenido que conceder la exclusiva de emisión de billetes a un solo Banco sujeto a cierta intervención, podría darse a una sola Compañía de Crédito o Banco de Capitalización la exclusiva del crédito a largo plazo.

Esta institución sería la única que podría emitir obligaciones, cuya garantía la constituiría el patrimonio de las empresas beneficiadas por el préstamo. La nueva modalidad no cambiaría esencialmente la actual, pues, aunque aquella garantía se establecería a través de la nueva institución de crédito, subsistiría la misma, y en cambio, aportaría la enorme ventaja de reducir considerablemente el riesgo que pesa sobre el capitalista, puesto que la quiebra de una empresa cualquiera afectaría en proporciones casi insensibles a la totalidad de las obligaciones emitidas por aquella institución.

Podríamos añadir otras muchas ventajas para la colectividad, como la de poder regular el interés del capital y ajustarse lo más posible al llamado interés productivo u originario; el estímulo que ello representaría para la formación de ahorros y la reducción en sumo grado de la especulación dañina y, especialmente, la reducción de la gran pirámide que las finanzas van formando. En el orden individual, citaremos, en primer lugar, el gran alivio que experimentarían las empresas al desprenderse de las cargas que el interés y amortización de las obligaciones representa; la mayor seguridad para el obligacionista e indirectamente para el propio accionista, especialmente el minoritario. Pero, como una exposición completa de esta teoría nos llevaría a una extensión impropia de este trabajo, hemos de renunciar, por el momento, a ampliar estas consideraciones.

12. *El Estado y las empresas.*

La mayoría de los problemas que los tiempos actuales plantean nos llevan, queramos o no, hacia una intensificación de la intervención estatal en las empresas, la cual, por lo menos dentro del orden capitalista liberal, no puede tener otro objeto que el de garantizar todas las libertades individuales que no atenten contra el bien colectivo. Entre ellas existe la iniciativa privada y la consiguiente actuación empresaria, cuyo concurso nos es todavía indispensable y sobre el que edificamos grandes esperanzas.

En consecuencia, si al empresario se le confía la dirección autónoma de las empresas, no es para que las estruje, sino para que las conserve y desarrolle. Su afán de lucro no debe llevarle más allá de la obtención de beneficios lícitos o reales conseguidos mediante sus conocimientos y actividad, y dichos beneficios no podrán exceder nunca al incremento que con motivo de su gestión reciba la renta nacional, puesto que, de otra manera,

su presencia se convertiría en gravamen social que justificaría su repudio.

Y como la obtención de beneficios reales implica necesariamente la conservación debida de los medios de producción que utiliza y que forman parte del patrimonio nacional, es deber ineludible del Estado vigilar dicha conservación; es decir, la de proteger a la empresa por encima de todo.

¿Quiénes son los enemigos de la empresa? Si se la deja abandonada podrán atentar contra ella, en primer lugar, el empresario; es decir, el Consejo de Administración. Pueden convertirse también en enemigos suyos los propios accionistas con apetencias exageradas de dividendos, y puede serlo el mismo Estado a través de su política fiscal.

Si la nueva reforma de la Sociedad Anónima establece las normas contables que eviten el reparto de dividendos superiores a los beneficios realmente conseguidos, se habrá dado el primer paso de protección a las empresas. Si al mismo tiempo se procede a la debida ordenación del crédito, se habrá conseguido el resto. En un plano secundario se podrán regular las relaciones entre el Consejo de Administración y los minoritarios.

Pero queda el problema de la política fiscal. Si el Estado tiene el deber de proteger a la empresa, es evidente que no debe legislar contra ella, como acontece actualmente con relación a la ley de Utilidades. Según ésta, se consideran como gasto «las cantidades destinadas a la amortización de los valores del activo, por depreciación o pérdida de los mismos. Las depreciaciones y las pérdidas, para ser computables a estos efectos, habrán de reunir las dos condiciones siguientes:

Primera. Que sean efectivas, y

Segunda. Que se hagan constar por la empresa en los documentos de su contabilidad, mediante la reducción en el activo de los valores correspondientes, o mediante la creación y dotación, comprobada e inequívoca, de fondos especiales de depreciación en el pasivo, siempre que las dotaciones de dichos fondos sean exactamente equivalentes a la depreciación real de las cuentas correspondientes del activo».

En primer lugar debe observarse que si por una parte admite la amortización de los *valores del activo*, por otra exige que sea exactamente equivalente a la depreciación real de las *cuentas correspondientes al activo*. De esta manera nos quedamos con la duda de si lo que se debe amortizar son los valores representado en el activo o las cuentas, duda que no podría tener lugar si no conociéramos la interpretación dada por el Fisco. Para éste debe ser amortizada la cuenta y, en consecuencia, un fondo de amortización que sobrepasara dicha cuenta involucraría una parte, que sería considerada como beneficio. Es decir, si las Inmovilizaciones figuran en cuenta por 1.000.000 de pesetas, el fondo de amortización podrá alcanzar como máximo dicha cantidad. Si al momento de tener que efectuar la reposición de los elementos inservibles éstos son más caros, la diferencia, que en realidad constituye una pérdida debida a una amortización deficiente, se agregará a las Inmovilizaciones, admitiendo de esta manera una revalorización que la misma ley prohibe.

Pero no es esto lo más notable. Cualquier cantidad destinada al saneamiento del activo lo considera la mencionada ley como beneficio, con lo cual ya no queda la menor duda de que el legislador no se preocupó más que de conseguir el mayor tributo posible, gravando beneficios no realizados y oponiéndose a que la empresa pudiera cumplir debidamente su función social. Para el legislador no existen máquinas ni edificios; para él solamente cuentan las cifras registradas en los libros de contabilidad, cifras sin expresión alguna si se las desliga del objeto representado por ellas.

La Ley de Reforma Tributaria de 16 de diciembre de 1940 autoriza al Ministro de Hacienda para fijar reglamentariamente coeficientes máximos de amortización de los valores del activo. Como no se ha hecho uso de tal autorización, desconocemos el objeto que con ella se quiso perseguir, no obstante, parece más bien confirmar el temor de que, a través de las amortizaciones, escaparan de la tributación una parte de los beneficios realizados.

Este temor que se refleja en toda legislación fiscal es el que impide que el Estado pueda desarrollar una política de protección a las empresas, y al no dar facilidades para su saneamiento o conservación de los valores de sus activos, lanza al empresario por el camino de la especulación, por aquel en que se va formando aquella pirámide financiera que aplasta por completo el negocio industrial.

Consideramos útil cualquier reforma de la Sociedad Anónima mientras la política fiscal no sea concebida en otro sentido, en aquel que permita a dicha institución una administración convergente con el interés de la economía nacional. Mientras el empresario pueda determinar beneficios no realizados y el Estado pueda gravarlos, los ahorros del pequeño capitalista se verán siempre amenazados y cualquier otra protección al minoritario será completamente ineficaz.

Se podría prestar hoy un gran servicio a las empresas, suprimiendo el gravamen por las utilidades de la Tarifa tercera. Se resolverían de una sola vez muchos problemas que la actual economía tiene planteados, como el de las amortizaciones y constitución de reservas de previsión y, al mismo tiempo, desaparecería la preocupación de si deben o no ser revalorizados los activos de las empresas. El Estado puede hacerlo sin peligro de reducir sus ingresos del Tesoro, ya que puede fácilmente compensar el déficit que ello podría ocasionar con el incremento de otros impuestos.

CONCLUSIONES

Apoyándonos en los razonamientos indicados, consideramos que la reforma a emprender debe tener como objetivos principales los que a continuación indicamos:

1.º La protección a las empresas, dando las normas contables precisas y necesarias para evitar la determinación de beneficios ficticios y especialmente su reparto.

2.º Como medida indispensable para la anterior protección, no solamente se deberá permitir, sino exigir, las amortizaciones convenientes, así como la constitución de reservas de previsión. De fijarse tipos de amortización, deberán ser considerados como mínimos y no como máximos.

3.º Facilitar la constitución de las Sociedades Anónimas, estableciendo debida vigilancia de sus aportaciones, al objeto de evitar ficciones.

4.º Fomentar y proteger la iniciativa privada hasta el límite en que pueda lesionar los intereses colectivos o nacionales.

5.º Vigilar la formación de «Holdings» con fines especulativos.

6.º Reforma del mecanismo de crédito con la debida separación del crédito a corto y a largo plazo.

7.º Supresión de la Tarifa tercera de Utilidades o, por lo menos, desgravar las Reservas de Amortización y de Previsión.

8.º En la confección de la ponencia que sirva de base para la reforma de la Sociedad Anónima, es indispensable la colaboración de una representación de la Ingeniería.

Bilbao, marzo, 1950.

Intervienen varios congresistas, que solicitan aclaraciones sobre algunos extremos del anterior trabajo, que son hechas por su autor el Sr. Garau Ríu. Se sigue con la lectura del siguiente trabajo, número 58:

N.º 58. - No hay crisis del «capitalismo libre»

Autor: D. JOSÉ FRÍGOLA CASASSAS
Ingeniero Industrial

PRÓLOGO

Se ha hablado mucho de crisis del capitalismo, confundiendo los efectos con las causas. La gran revolución industrial, que ha multiplicado la cantidad y variedad de la producción, ha creado en el subconsciente de la humanidad la idea de revolución en todos los órdenes con grave daño para las Instituciones fundamentales, al no medir el alcance de aquellas transformaciones.

Si no respetamos las Instituciones, que son solera del futuro acumulada por siglos de historia, en el primer plano de las cuales está la Religión predicada por Cristo, que no puede perecer, siguiendo luego los derechos inviolables a la propiedad y otras como la Organización social y económica en lo que tiene de permanente, que es el respeto a la libertad individual, corremos el riesgo de destruir nuestra civilización que se asienta sobre estos principios.

En nuestro siglo los grandes inventos y descubrimientos han provocado el atasco en el funcionamiento de las Instituciones fundamentales de nuestra civilización, y precisa que abramos camino a los adelantos dentro del marco de aquellas clásicas Instituciones. Atacar sistemáticamente a éstas, entre las que se cuenta el "capitalismo libre", es tanto como hablar mal de nuestros progenitores, sobre cuyo respeto se asienta el bienestar de la familia y la firmeza de la sociedad. Todo lo que se haga para prestigiar las Instituciones sacándolas del atranco provocado por el progreso, ha de redundar en último término en paz general para la humanidad.

He aquí los principios que nos han movido a estudiar un tratado de Economía aplicada que ha sido la base para este trabajo que presento al II Congreso Nacional de Ingeniería.

Este trabajo consta de dos partes:

La primera, es la INTRODUCCIÓN a un tratado de Economía aplicada que próximamente va a publicar el autor, y en ella señalamos unos nuevos métodos de estudio de la Economía llevándola hacia el campo de la técnica, al propio tiempo que hacemos una defensa del "capitalismo libre", al desprestigio del cual ha contribuído el atraso de la ciencia económica.

La segunda parte de este trabajo en un ENSAYO sobre las crisis y el paro, y va encaminada, complementando la anterior Introducción, a hacer nueva luz sobre aquellos mal estudiados fenómenos que contribuyen grandemente al desprestigio del citado sistema "capitalista libre".

INTRODUCCIÓN

DEFINICIÓN Y OBJETO.

Por «Economía aplicada» entenderemos a la ciencia que trata de descubrir las leyes que rigen la producción, la distribución y el consumo de los bienes y riquezas y de la aplicación de estas leyes al aumento del bienestar material y social de la humanidad, en general, y al mejoramiento de la eficiencia productiva, al logro de la total ocupación y a la previsión y gobierno de la Coyuntura, en particular.

La *Tecnología Económica* será el estudio de esta Economía aplicada» con el auxilio de la técnica, tal como se utiliza en los estudios de las ciencias aplicadas; esto es, sentando postulados evidentes que se van sintetizando para llegar a la comprensión del «complejo económico».

Intervienen en el desarrollo de la Economía las corrientes de producción, la expansión y la contracción del crédito, el atesoramiento o embalse de dinero, etc..., en una palabra, conceptos que se pueden materializar igualmente como las corrientes en hidráulica o electricidad y las fuerzas o fenómenos de expansión o contracción, etc.

Formado el concepto del mecanismo económico, el discurso se simplifica al sentar el estudio del «complejo» en fases más adelantadas de una síntesis de ideas fácilmente imaginables y comprendidas en su desarrollo.

El considerar a la Economía como una ciencia práctica, tal como pretendemos en nuestro trabajo, se impone por el carácter de aquel estudio. No es posible una visión parcial de los problemas económicos dada la íntima relación de las conexiones, y la experiencia ha demostrado la imposibilidad de una concepción completa del complejo de una economía, en abstracto. Nuestra Tecnología pretende establecer visión más concreta y sencilla de lo económico, para establecer unas bases técnicas de

estudio y hacer posible la ampliación del campo de las investigaciones.

LA DIFICULTAD DE ESTUDIO NO IMPLICA LA IMPERFECCIÓN DE «CAPITALISMO LIBRE».

Toda alteración del equilibrio económico desemboca en una cadena de reacciones que sólo un estudio metódico puede prever. La actuación a ciegas sobre los resortes económicos es tan desatinada como el pretender la «Organización integral» de una economía para constituir un Cuerpo económico ordenado, fruto o creación del hombre.

Lo perfecto, acabado y cabal no es lo sencillo. La sencillez es cualidad que precisa el cerebro humano para estudiar lo complicado, precisamente por imperfección del hombre. La complicación de la economía nada tiene que ver con imperfecciones del sistema, el error de las teorías que pretenden la «Organización integral» del mundo económico nace del desconocimiento de este principio. De algo así como la consideración de que un árbol es fruto imperfecto de la naturaleza, porque su sección no tiene la forma exacta de un círculo.

Económicamente, el medio ambiente forma al individuo, de la manera de ser de este individuo nace la Economía política y social, y de ésta, o sea, de la forma de la producción y de las relaciones de distribución y cambio entre los individuos, nace el medio ambiente. Así de este círculo cerrado se engendra la dificultad para el estudio de la ciencia económica, ya que *los fundamentos de esta ciencia no son sillares inamovibles como los que asientan la matemática, la física o la mecánica.*

En ciencia económica es difícil, o casi imposible, estudiar estados o equilibrios parciales en una rama determinada, ya que todas las teorías que hasta la fecha se han querido presentar como soluciones concretas a los problemas económicos fallan desde el momento en que se las estabiliza en el tiempo por no tener en cuenta lo que hemos dicho de que las relaciones económicas forman el ambiente y éste al individuo, de cuyo conjunto nacen aquellas relaciones. Estabilizar las relaciones económicas sería tanto como estabilizar el ambiente y al individuo quitándole la libertad, y con ello se rebajaría el bienestar y el estímulo al progreso. En otras palabras, toda teoría que ejerza una influencia en el ambiente económico lleva en sí el germen de su modificación.

El tomar una teoria económica concreta y convertirla en «doctrinal», es olvidar lo que acabamos de decir al establecer como ideal una economía invariable y un ambiente invariable que desvian el sentido de la vida que aspira a la libertad y a la variedad.

CAUSAS DEL ATRASO DE LA CIENCIA ECONÓMICA.

El atraso de esta ciencia procede de los errores que nos han precedido al convertir la ciencia en política doctrinal, y de la velocidad que en los últimos tiempos ha adquirido el progreso industrial, en especial el transporte y comunicaciones, que se han adelantado en mucho a la ciencia económica al universalizar la distribución.

Otra causa importante del atraso de la ciencia económica es la «inercia», que ha mantenido conceptos que, habiendo sido verdaderos para las condiciones ambientales de pasadas épocas, no son aplicables a la actualidad, al variar aquellas condiciones y las reacciones psíquicas colectivas de los individuos. Es difícil encontrar una definición concreta de la Economía en muchos de los tratados sobre ésta; se ha confundido a esta ciencia de la producción, distribución, cambio y el consumo e inversión por los conceptos psico-filosóficos sobre el valor, la densidad, el cambio, la utilidad, el dinero, la renta, etc., fundamentando en estos conceptos teorías que en lugar de aclarar oscurecen el campo de la ciencia económica, al estabilizar conceptos y aplicarlos en circunstancias completamente distintas de las que los originaron. La Economía no ha de ser una ciencia de definiciones, sino una ciencia práctica, y como a tal pretendemos estudiarla en nuestra «Tecnología económica». Los conceptos económicos han pasado a ser la historia de la Economía y como base para esta ciencia tienen un valor nulo.

La Economía se debe fundamentar sobre hechos observados a los que se ha de considerar variables en el tiempo, y su principal instrumento ha de ser el razonamiento lógico o la síntesis teórica, consistente en plantearnos sistemas económicos sencillos fáciles de concebir, para introducir paulatinamente hipótesis más complejas que nos acerquen lo más posible a la realidad, algo parecido a lo que el moderno autor americano Kenneth Boulding denomina experimento intelectual.

Así el primer auxiliar de la Economía será la Estadística, a la cual la ciencia económica debe señalar los datos que debe seleccionar y las fuentes a que se debe dirigir para este fin. Para el estudio de la Economía, tal como la venimos definiendo, hace falta espíritu matemático, conocimiento de la Psicología o, mejor dicho, de las reacciones que ésta provoca en los individuos y en la colectividad (valiéndose de la estadística) y en especial hace falta una gran dosis de intuición para formarse los conceptos en cada situación, ya que no pueden ser estabilizados por no poderse concebir más que en su variación en el tiempo, al igual que el metereólogo prevé los estados de la atmósfera de observaciones momentáneas y pasajeras en constante variación a través del tiempo.

Así de este conjunto de conocimientos es de donde debe nacer la ciencia económica, que no sería tal si dejara de abarcar todo el complejo de circunstancias que rigen las relaciones de la producción, el cambio y el consumo.

FINES O ALCANCE DE LA ECONOMÍA APLICADA.

Los fines o el alcance de la Economía aplicada serán dos: uno general, que es el asesoramiento al Poder público en su misión de orientar la economía hacia el mejoramiento del bienestar general, mediante la previsión y gobierno de la Coyuntura económica, y otro fin particular consistente en la aplicación de la previsión del futuro económico para la formación de los planes de producción y distribución por parte de las empresas.

ORIGEN Y MÉTODO DE LA ECONOMÍA APLICADA.

En sus albores la ciencia económica ha sido estudiada por los clásicos que han planteado nuevas leyes de la existencia con sus

conceptos económicos que tienen más de principios filosóficos que de realidades de orden práctico. Una gama de conceptos tan variada como los principios filosóficos que han movido a la humanidad, ha creado un confusionismo en el campo de la Economía desarrollada en el período del clasicismo.

Vino la escuela histórica, sosteniendo que la vida económica de un pueblo puede variar debido a la intervención humana, con lo que deja a un lado las leyes económicas que se oponen a la libre voluntad del hombre. La escuela psicológica o austriaca viene a sentar una serie de principios sobre el valor y la utilidad y en contra de la escuela histórica vuelve a estudiar el establecimiento de leyes económicas acercándose en esto a los métodos clásicos.

Pero en todas estas y muchas fases o etapas por que ha pasado el estudio de la ciencia económica, se nota la falta de principios prácticos. La importancia de esta falta creemos definirla aprovechando unas palabras de E. Wagemann en *Estructura y ritmo de la Economía mundial* (pág. 12): «Los teóricos se conducen como albañiles, que en lugar de poner manos a la obra se contarán mutuamente cómo deben manejarse las piedras»; a su vez el citado autor pone en boca de «Sombart» un reproche a los teóricos.

Los clásicos sintentizan y llegan a un mundo teórico en el campo económico que está en discordancia con la realidad, o a lo menos en el transcurso del tiempo, ya que prescinden del elemento psicológico, cuyas variables reacciones no siempre siguen la lógica de los razonamientos científicos de aquellos economistas. En el campo opuesto, Ernst Wagemann, autor contemporáneo, analiza el complejo estructural económico y quiere encontrar leyes que rigen el desarrollo Coyuntural de la economía, basándose en estadísticas y realidades de cada momento en el tiempo. Las modernas Organizaciones estatales cuentan con medios para llevar a cabo una metódica y periódica toma de datos estadísticos que permite conocer las reacciones psicológicas de las masas con la precisión que da la ley de los grandes números en el cálculo de probabilidades.

Entre estos dos extremos, entre los que se debaten todos los demás, nosotros quisiéramos utilizar un sistema mixto, de análisis estadístico y de síntesis teórica, consistente, como hemos dicho, en forjarnos en la mente sistemas económicos sencillos para vestirlos con hipótesis más complejas que los asemejen lo más posible a la realidad, y luego los datos que nos proporcione el análsis estadístico, aplicado a estos «experimentos», serán auxiliar valiosísimo y complementario para sacar consecuencias reales y prácticas del estudio. Así este sistema o método mixto lo creemos mucho más eficaz que el examen externo de la Coyuntura, para la deducción de leyes por las que se rigen algunos fenómenos económicos; que sin dejar de tener un gran valor elaboradas, por ejemplo, por un Wagemann, nunca podrían servir para establecer unas bases (aún circunstanciales) de previsión y gobierno de la Coyuntura.

El profesor de la Universidad de Londres, Frederich A. Hayek, en su *Teoría monetaria y el Ciclo económico* corrobora esta opinión al decir que «debe ser diáfanamente reconocido que el uso de la estadística nunca puede profundizar nuestros conocimientos teóricos».

Pero queremos repetir que la estadística sirve para llevar a conclusiones prácticas los conocimientos adquiridos por el método deductivo y para comprobar y orientar la investigación teórica. El propio profesor Hayek lo reconoce en el libro citado al decir: «Frecuentemente, el análisis estadístico puede descubrir fenómenos que todavía no tienen explicación teórica y que, por lo tanto, necesitan bien una extensión de la especulación teórica o una investigación de nuevas condiciones determinantes...»

IMPROPIA DENOMINACIÓN DE «SISTEMA CAPITALISTA».

Nosotros creemos que ha nacido el descrédito del «sistema capitalista» que tantas diatribas ha suscitado en todos los estamentos sociales, de las dificultades que ha instituído en la humanidad el potente chorro de invenciones y progresos que ha creado el propio sistema que se critica, que nosotros llamaremos *"capitalismo libre"*.

Para nosotros el sistema «capitalista libre» actúa igual que una balanza en la forma de encontrar el equilibrio; cuanto más perfecto es el sistema más perfecta y sensible será la balanza de nuestra imagen. Si en un período determinado gran número de inventos y perfecciones colman los motivos de bienestar de la humanidad, en nuestra imagen el símil será una fuerte carga colocada en el platillo de la balanza y el desequilibrio no se hará esperar; en seguida nacerán las oscilaciones tanto menos amortiguadas cuanto más sensible sea la balanza. La verdadera técnica económica no consiste en frenar el balanceo, sino en encontrar el contrapeso de equilibrio.

Así de estos desequilibrios mal estudiados querer deducir las imperfecciones de un sistema, es falsa paradoja. Cualquier sistema económico es y será siempre *capitalista*, ya que tendrá que administrar los capitales legados por el trabajo de nuestros predecesores a través del tiempo. La única diferencia que se puede establecer entre diferentes doctrinas en este sentido sería la de «capitalismo de estado» o «capitalismo libre», o sea, el capital en manos del Poder o en manos de los súbditos. De las ventajas y desventajas de cada sistema poco hablaremos en un tratado de Economía aplicada, no filosófico y doctrinal. Diremos solamente que la humanidad a cuya civilización correspondemos, ha llevado la antorcha de la prosperidad con un sistema de «capitalismo libre» y que amortiguadas las oscilaciones primeras provocadas por la entrada de la corriente caudalosa de inventos y progresos del siglo actual, ha de volver a brillar el sol del bienestar con la continuación del sistema de auto-estímulo al abaratamiento y al crecimiento de la producción, que se ha establecido de forma natural a través de los siglos.

El peligro de los Monopolios capitalistas en un *"capitalismo libre"*, tiene el contrapeso de la acción del Gobierno con el fuerte apoyo de la popularidad; en cambio, en un *"capitalismo de estado"*, el monopolio es el tipo dominante de empresa amparado por los gobernantes que los administran a través de una pléyade de funcionarios.

Aquí vienen muy bien las palabras de unos de los últimos representantes de la escuela clásica de Francia. Juan Bautista Say (1767-1832), según su teoría especial sobre los «mercados» —«las crisis prolongadas son imposibles bajo un régimen de libertad económica» —dice Say—, que «el Estado es un mal

financiero y un comerciante igualmente malo», por esto propugna por un gobierno barato y sin atribuciones. No suscribimos su teoría de los «mercados» que habidas las distintas circunstancias de la producción moderna no resultan aplicables, pero sí la clara percepción del fracaso de una intervención sistemática.

También Bastiat, de la misma escuela de Say, dice, refiriéndose al «Estado ideal» en que muchos sueñan, que «este Estado es una ficción, gracias a la cual cada uno quiere vivir a costa de los demás, procurando esquivar toda iniciativa y responsabilidad propia».

Para ver la desorientación que alcanzó la ciencia económica en el siglo pasado a causa de haber sido más bien una ciencia filosófica y política, citaremos al anarquista Proudhon, que llegó a decir que la propiedad es un robo, y que el gobierno político en el porvenir haría paso al gobierno económico cuando la ponderación y el buen sentido no hace más que demostrar que el retraso de la economía, en buena parte, proviene de convertirla en política en vez de hacerla científica. La economía debe estar en manos de la técnica, y los gobiernos deben dirigir la política amparando los dictados de una técnica desinteresada.

La demostración más clara de la desorientación de los teóricos del siglo pasado nos la dan las críticas que los mismos «filósofos-economistas» se lanzan. Así el principal detractor de Proudhon fué el «socialista-científico» Carlos Marx (1818-1883), que le calificó de «pequeño burgués socialista».

Marx, que en 1864 se convirtió en uno de los jefes de la «Asociación obrera internacional» (y esto vemos nosotros el eje alrededor del cual giran todas sus enrevesadas teorías). inventó la lucha de clases, que como rodillo arrollador ha de apisonar la ciencia económica para convertirla en el cebo de la política, atrayendo a las masas obreras que son aduladas e inconscientemente dirigidas hacia un «capitalismo de estado» que las esclaviza, y con la misma ilusión que hace sentir al proletariado para su redención, le encamina hacia la pérdida total de las ilusiones, al hacerle rueda de un engranaje colosal, el Estado, estabilizando la economía en una concepción individual y materialista, en la que el individuo está para el Estado. La teoría del «valor-trabajo» creada por Marx sería de una ingenuidad espantosa si no tuviera el mismo móvil de adulación al trabajo tal como lo conciben las masas.

Como es natural, Marx ha tenido muy serias críticas, y como ya hemos dicho anteriormente, no siendo esto un tratado filosófico-doctrinal no vamos a extendernos en exposiciones y críticas; sólo citaremos a Eduardo Bernstein, que le refutó que el acrecentamiento del número de grandes empresas produjera siempre la disminución del número de capitalistas. Así las sociedades por acciones contribuyen más bien a aumentar el número de ellos, porque emitiendo acciones a precios poco elevados permiten extender las participaciones a los humildes.

INTERVENCIONISMO ESTATAL.

Paralelamente al desbordamiento de la economía o a la pérdida de equilibrio de un sistema con «capitalismo libre» ha nacido en todos los países la reacción del *"intervencionismo estatal"* como medio necesario para amortiguar las oscilaciones de la Coyuntura.

Hasta este punto el «intervencionismo» ha realizado una función social, pero corremos el peligro de olvidar la causa de la aparición de este *mal necesario*, pues al crear los Organos de la «intervención» nacen una serie de «intereses» que dificultan el retorno a la normalidad, restituyendo a la producción el personal empleado.

Admitido universalmente que el Estado es un mal administrador y que como a tal no conviene que se dedique a la producción y convencidos también que en las economías modernas no es de total aplicación la expresión fisiocrática de los tiempos de Colbert «laissez faire, laissez passer», hemos de admitir que la intervención del Estado se debe dirigir al logro de la total ocupación, al sostenimiento de una Coyuntura próspera con aumento general del poder adquisitivo, orientando la inversión, dirigiendo el crédito y la circulación monetaria y liberando al asalariado de la libre competencia en la fijación del salario. Misión del Estado será también la publicación de estadísticas de producción y consumo, dar publicidad a los problemas económico-industriales, o de la producción, por medio de sus Organos administrativos capacitados, en cuanto empiecen a vislumbrarse, con el fin de multiplicar la fuerza de las reacciones espontáneas.

Esta forma de actuar del Estado la podríamos comparar al *"servomotor"* que actúa en los reguladores de las turbinas hidráulicas para aumentar el grado de *"regularidad"*, ya que el citado «servomotor» no hace más que multiplicar, sin deformarlas lo más mínimo, las automáticas reacciones del regulador propiamente dicho.

LA TÉCNICA DEBE LIBERAR A LA ECONOMÍA DE LA POLÍTICA.

Así como el conocimiento de las ciencias naturales, la Astronomía, la Física y la Química, han hecho desaparecer los antiguos ídolos que tanto influenciaron la primitiva política o gobernación de los pueblos, el conocimiento de la Economía, que modernamente está entrando de lleno en el campo científico, ha de hacer desaparecer cada día más a las doctrinas económicas del campo de la política, aceptando voluntariamente los pueblos, como principio constitucional, si es preciso, el derecho inviolable a la propiedad y otros fundamentales principios de bienestar social y base del «capitalismo libre». ¿Quién podría admitir el sometimiento de las leyes de la física y la mecánica a las caprichosas alternativas de la política? En cambio se permite tergiversar la ciencia económica, interpretando como causas de bienestar la destrucción de los principios básicos en que se fundamenta todo nuestro progreso.

La dificultad de la Economía estriba en ser una ciencia de difícil divulgación, por las mismas circunstancias que describimos al definir la «Economía aplicada» y sus métodos en las páginas que preceden. Esta misma dificultad y el hecho de que célebres economistas hayan sentado principios que con el tiempo se han derrumbado, ha hecho creer al vulgo (y de ello se ha aprovechado la política) que la Economía estaba al alcance de cualquiera, haciendo de ella un arma peligrosa en el campo de la política.

Pero no desmayamos al ver la complicación del mecanismo de las reacciones económicas, antes al contrario, creemos que la

fuerza del «capitalismo libre» estriba en la misma complejidad del sistema, en la que el trabajo, el talento y el estudio encuentran siempre aplicación. Nada peor para la mentalidad humana que la estabilización de un sistema económico del que conociera todos los secretos por haber sido creado artificiosa y científicamente y en el que cada uno tuviera una permanente y concreta misión. De forma que desde este punto de vista no estamos conforme con las palabras que el profesor de la Universidad de Londres, Friedrich A. Hayek, pone al final del prólogo a la traducción inglesa de un interesante trabajo preparado para la reunión de la «Verein fur Social politik», celebrada en Zurich, en septiembre de 1928, en el que dice así: «Pero sea cualquiera la esperanza que pongamos en el porvenir, la única cosa que debemos reconocer con dolor en los tiempos presentes —un hecho que ningún escritor de estas materias debe ocultar a sus lectores—, es lo poco que sabemos de las fuerzas en que pretendemos influir con manejos deliberados; tan poco verdaderamente, que debiera quedar abierto el problema de si debemos procurar seguir investigando.»

Estas palabras en boca de un célebre economista contemporáneo nos dan una idea de la falta de una metodización que simplifique los conceptos.

El bienestar económico y social de la humanidad, en cuanto a la producción se refiere, se fundamenta en el buen rendimiento de esta producción, en la evitación del paro obrero y las crisis, en la eliminación de trabajos incómodos, insalubres y peligrosos, en hacer este trabajo lo más agradable posible dentro las normas de buen rendimiento, dejando al trabajador la libertad de escoger su propio trabajo, de ejercer cualquier cargo para el que esté capacitado y de convertirse en capitalista por el ahorro o el ingenio aplicado a un trabajo o negocio honesto.

En cuanto a la distribución de los bienes producidos, el bienestar general se hallará en una igualdad de derechos y oportunidades para todos, tanto entre individuos de un Estado como entre diferentes Estados, y en el mutuo respeto de esos derechos y oportunidades.

Todos estos principios en que se basa el bienestar económico constituyen un postulado cuya fortaleza está en la evidencia y el sentido común. Muchas de las teorías económicas desarrolladas sabiamente» por los teóricos, han sido elucubraciones que no han alcanzado o abarcado todo el complejo de principios en que se basa el bienestar.

Nosotros pretendemos, partiendo de aquellos principios, establecer unas bases fundamentales de estudio para formar un esqueleto científico sobre el que asentar ulteriores desarrollos, y con esta idea hemos escrito nuestro tratado de *"Tecnología Económica"*.

ENSAYO SOBRE LAS CRISIS Y EL PARO EN UNA ECONOMÍA

DEFINICIÓN DE ALGUNOS TÉRMINOS UTILIZADOS EN ESTE ENSAYO

Generación: Nacimiento de las rentas de salarios y de los intereses del capital simultáneamente a la producción.

Inducción: Acto de adquirir la producción, con medios de pago, tanto de los artículos de consumo como de los bienes de producción y servicios. Esta expresión ha sido ya utilizada por Hawtrey y Hayek con significado distinto.

Pulsación: Integración de los resultados de multiplicar la cantidad de dinero o de medios de pago por la frecuencia o números de pagos realizados en el tiempo que se considere.

Ciclo monetario activo: Es el cerrado por la corriente dineraria que naciendo en la «generación» es gastada en la «inducción»; la repetición de estos ciclos crea la corriente monetaria activa.

Ciclo retractivo de inducción: Caracterizado por el dinero que saliendo de la «inducción» vuelve al consumo o a la inversión sin intervenir nuevamente en la producción. La repetición de estos ciclos crea la corriente retractiva de «inducción» y vendrá medida en pulsaciones por unidad de tiempo.

Ciclo retractivo de generación: Creado por el dinero que saliendo de «generación» vuelve a intervenir en la producción sin pasar por la «inducción».

Tensión crediticia: Deuda creada por créditos exigibles en plazos más o menos largos. No incluye esta denominación los préstamos consolidados a base de pagar un interés o renta fija.

Renta monetaria nacional: Para nosotros será el valor en venta de los productos y servicios que aparecen en el mercado o que son producidos por encargo, en el momento de ser adquiridos, esto es, en la «inducción».

Econo: Es la relación de la renta monetaria nacional a la renta de salarios. Por la especial manera de ser de lo económico estos valores han de considerarse siempre a muy largo plazo.

LA GRAN PARADOJA DE LAS ECONÓMICAS MODERNAS

El mundo económico actual se debate en una inmensa paradoja en boca de Ernst Wagemann, en *Estructura y ritmo de la Economía mundial*, dice textualmente así: «En pasadas épocas la humanidad sólo conocía crisis económicas motivadas por la falta de bienes, mientras que en la economía moderna se da la tremenda paradoja de una miseria provocada por la abundancia misma».

Nosotros atribuimos este cambio, no sólo al enorme progreso de la producción, sino en especial al fenómeno creado por la misma, la pre-producción y la pre-capitalización; esto es, al paso de una producción por encargo a una producción adelantada al consumo o a la inversión.

Para ello el empresario adelanta la producción al consumo o inversión (inducción), existiendo la posibilidad de la sobreproducción; en cambio, en épocas pasadas con la producción por encargo era imposible este fenómeno por ser simultáneo el consumo e inversión a la producción.

La rigidez impuesta por un patrón monetario en discordancia con la flexibilidad precisa en la cantidad de medios de pago y el atraso de la técnica económica, que ha mantenido y aplicado a la actualidad conceptos caducos e impropios, se suman a los anteriores motivos.

En cambio, el nivel medio de vida es actualmente muy superior al de tiempos remotos, a pesar de las cíclicas sacudidas de lo económico.

CRÍTICA DE LAS TEORÍAS SOBRE AJUSTES ECONÓMICOS

La teoría clásica sostenía que «suponiendo la perfecta movilidad de los factores y la flexibilidad de precios y salarios, la demanda (a largo plazo) tiene que ser forzosamente la adecuada para emplear todos los factores en busca de ocupación». Suponían que la deficiencia de la demanda sólo podía presentarse como resultado de imperfecciones y rigideces artificiales del mercado. No podemos censurar estas teorías que hoy suenan a disparatadas, por las diferentes condiciones del medio económico en que vivían aquellos economistas, según venimos diciendo.

Gustaw Cassel, en su *Economía Social Teórica*, pág. 60 de la traducción española a la 5.ª edición alemana, dice: «La renta total monetaria de la sociedad alcanza exactamente para adquirir la masa toda de la producción».

Estas dos formas de plantear el equilibrio entre la producción y la demanda solamente se cumplen en una economía sin crecimiento y en equilibrio, pero en modo alguno pueden servir de base para estudiar el problema dinámico de los excedentes de producción, ni las crisis y el paro de las economías contemporáneas, como ya reconoce Cassel.

Cassel, más adelante, en el libro citado (pág. 414), culpa a la política monetaria al no prevenir el enrarecimiento de los medios de pagos, de la desarmonía entre el poder adquisitivo y la producción.

Más modernamente, F. A. Burchardt, uno de los investigadores de la Universidad de Oxford, al desarrollar las teorías de Lord Keynes sobre el problema de la demanda deficitaria, en el libro *La economía sin paro forzoso*, dice: «Si la gente desea ahorrar de una renta determinada más de lo que la comunidad quiere absorber en concepto de gasto compensador, la demanda total, la renta y la ocupación descenderán por debajo de aquel nivel». Esta es una visión parcial del poblema que no abarca todo el complejo del mecanismo de la demanda deficitaria.

Coincidimos con Cassel y Burchardt en que para el desarrollo de una economía progresiva hace falta el incremento de los medios de pago. No admitimos en cambio la aseveración de Burchardt que, expuesta de otra forma en el libro citado (pág. 35), dice: «Cuando la propensión marginal del ahorro es cero, un solo acto de gasto compensador producirá un incremento igual y duradero del nivel de renta y de ocupación y renta». Puesto que es generalizar un caso particular que sólo se puede cumplir en una especial circunstancia, cuando la producción está en equilibrio perfecto con la demanda, o sea, cuando están perfectamente encebados los circuitos monetarios de la «inducción» (consumo o inversión).

Veamos nuestra manera de ver el problema.

LA ESPIRAL DE LOS BENEFICIOS EN LA EXPANSIÓN PRODUCTIVA

En los períodos de crecimiento de la producción, al crearse nuevos circuitos monetarios hacen falta medios de pago o dinero que en principio puede salir de la «expansión del crédito», ya que de salir de otros circuitos monetarios o del ahorro (aplazamiento de la demanda) provocaría un paro friccional a corto o a largo plazo. Los empresarios que han utilizado el crédito citado, pagan los intereses del préstamo de los resultados de la producción. Así esta producción engendra (generación) dos rentas, la de salarios y la fija del capital (intereses), las cuales cierran el circuito o ciclo monetario activo, al adquirir parte de lo producido en el consumo o en la inversión (inducción).

Pero con sólo estas dos rentas, de generación, proporcionales a la producción, no habría posibilidad de adquirir todo lo producido, que está sobrevalorado en los beneficios al aparecer en la «inducción» para la venta. Para adquirir, pues (o inducir), lo producido, hace falta una renta adicional igual al valor total de los beneficios sobrecargados al precio de coste.

Al pasar por la «inducción» las dos rentas de «generación» de que hemos hablado, se desdoblan en una corriente que resarce al empresario del desembolso de la producción y que vuelve a través de la «generación» a convertirse en rentas de trabajo y de capital (intereses) y en otra corriente de beneficios del empresario que, bien directamente, bien a través de la Banca y el crédito, pasa a la «inducción» sin generar nuevos productos y que yo llamo «*corriente retractiva de los beneficios*».

Esta «corriente retractiva» se desdobla a su vez en dos en la «inducción», y así sucesivamente va creando lo que en nuestro tratado de Tecnología económica denominamos la *espiral decrediciente de los beneficios.*

Si bien esta espiral contribuye a un aumento en el consumo e inversión de lo producido, a medida que va pasando reiteradamente el dinero de beneficios por la «inducción», no llegaría al total consumo de la nueva producción, ya que para ello haría falta que pasara por aquella «inducción» un número infinito de veces, dado el carácter fraccionario y decreciente de las corrientes que van circulando por aquella «*espiral*», cuya suma de sus pulsaciones de «inducción» forma una serie convergente que tiene por límite el valor total de los beneficios.

El problema, pues, fundamental para evitar la demanda deficitaria estriba en que al crecer la producción, además de la expansión de los créditos o de los medios de pago que hacen falta al empresario para adelantar la producción y sostenerla, es preciso también ampliar los medios de pago o expansionar el crédito para que llegue mayor suma total de dinero a los consumidores o inversionistas, ya que no bastan, como hemos dicho, para adquirir los incrementos de producción las corrientes de dinero de la «espiral de los beneficios». El aumento de medios de pago sólo hace falta para el encebado de los nuevos circuitos monetarios que nacen al expansionar el proceso productivo.

En el equilibrio entre estas dos expansiones de los medios de pago, la de «generación» y la de «inducción», hay que buscar la solución al problema de la demanda deficitaria, pero al propio tiempo será preciso llevar un estudiado gobierno de estos medios de pago para prevenir el efecto de sus variaciones sobre los precios. Una vez logrado el equilibrio entre la producción y la «inducción», por quedar encebados los circuitos monetarios, entonces sí que la renta total puede ser suficiente e incluso excesiva para adquirir la suma total de la producción, ya que la eficacia de los medios de pago en la «inducción» depende también de la velocidad del dinero, o sea, del número de pagos efectuados o «pulsaciones de inducción», como nosotros las denominamos.

Veamos el caso en un ejemplo sencillo para mejor aclarar este concepto: Si un fabricante de plumas estilográficas, por ejemplo, lanza una nueva producción de 1.000 plumas al mercado, y el coste de producción de las mismas en salarios y pago de intereses al capital empleado, suponemos que es de 20 ptas. por pluma, nacerá en «generación» una renta de 20.000 ptas. simultáneamente a la producción de 1.000 plumas (prescindimos, para simplificar, de los costes de primeras materias y otros gastos auxiliares a la producción, detalle que en nuestra Tecnología económica demostramos que no modifica en nada nuestra concepción).

Si el valor en venta de una estilográfica (en inducción) es de 40 ptas., con las 20.000 ptas., nacidas en generación como rentas, sólo se podrá adquirir la mitad de la producción, esto es, 500 plumas. Así, en este caso concreto de un precio de venta que dobla al de coste, además de las 20.000 ptas. que ha tenido que adelantar el empresario (expansión de los medios de pago) hacen *falta otras* 20.000 *ptas. en manos de los consumidores para adquirir la total producción.*

Veamos lo que ocurrirá de no afluir esta nueva suma al mercado, considerando que no hay desplazamiento «friccional» de dinero procedente de otros circuitos monetarios que por hipótesis supondremos en equilibrio. Si se trata de muchos fabricantes y suponemos, para simplificar, que una parte de ellos ha vendido toda la producción y la otra parte no ha vendido nada, una mitad de las 20.000 ptas., valor en venta de las 500 plumas vendidas, o sea 10.000 ptas., servirán para resarcir al empresario del desembolso de «generación» y para sostener la producción, o sea para producir otras 500 plumas, la otra mitad o las otras 10.000 pesetas serán beneficios de estos mismos empresarios que han tenido la suerte de vender toda la producción. Si estos beneficios volvían íntegramente al consumo (inducción), podrían servir para la adquisición de otras 250 estilográficas, y así sucesivamente nacería lo que hemos llamado la *«espiral decreciente de los beneficios»*, que por su carácter fraccionario decreciente no llegaría nunca a adquirir la totalidad de la producción. Pero esta «espiral» hace que no sea tan brusca la falta de dinero en la «inducción» al repetirse sus «pulsaciones de inducción» en el tiempo, y depende su efecto de la velocidad o frecuencia de tales pulsaciones.

Los fabricantes que no vendieron sus estilográficas tendrán que adelantar o lanzar de nuevo a la circulación otras 10.000 pesetas si quieren producir otro lote de 500 plumas igual al primero, ya que no van a cerrar sus industrias. Así que una falta de ampliación de medios de pago en la «inducción» es causa de la creación de excedentes y del nacimiento de un nuevo crédito o préstamo a los empresarios, de manera que nace una tendencia a la contracción del proceso productivo y un aumento en la tensión crediticia de los empresarios, que puede ser peligrosa de persistir la creación de excedentes, ya que convierte en «irrealizables» a los «activos» que garantizan aquellos préstamos.

* * *

Esta exposición nos aclara lo incompletas que son las afirmaciones de los clásicos, de Cassel y de Bourchardt citadas al comienzo de este trabajo, y que nosotros hemos escogido por representar tendencias de gran peso en el estudio de los ajustes entre la producción y el consumo e inversión. Ellos no han tenido en cuenta este fenómeno de la «espiral de los beneficios», ni la discriminación de la ampliación de medios de pago en una parte que va a la «generación» a través del empresario, y otra parte que debe pasar directamente a la «inducción» sin intervenir en la producción.

Pero nadie se llame a engaño; el hallazgo de un nuevo fenómeno de los que actúan en el complejo estructural de la economía, trasladado al símil de la balanza de que hemos hablado en la «introducción» a este trabajo, no es más que el descubrimiento de una nueva palanca con efectos sobre el equilibrio; pero queda planteado el problema de encontrar el contrapeso de equilibrio, ya que existe una acción mutua entre todos los resortes del conjunto estructural que mantiene en constante variación a las corrientes que circulan por los distintos circuitos monetarios, corrientes, que en nuestra hipótesis hemos supuesto invariables. No podemos llevar más allá este concepto, que dejamos para nuestro tratado de Tecnología, para no salir de los límites de concisión que nos hemos impuesto.

IMPORTANCIA DEL FACTOR PSICOLÓGICO EN LOS AJUSTES

Estudiados los efectos de la «espiral de los beneficios» y alimentados convenientemente los circuitos monetarios, se ve la posibilidad de regular y dirigir el crédito convenientemente para llegar a estados más o menos estables de equilibrio entre la producción y la «inducción». Pero no debemos dejar de vista el problema que puede crear en los circuitos monetarios una reacción psicológica colectiva, originada, por ejemplo, por desconfianza en la moneda, temor a la escasez de artículos necesarios o creencia en un alza o baja de precios en el mercado de bienes o de productos, etc. Destaca, pues, de todo lo dicho acerca de las corrientes circulatorias de dinero la necesidad de una superior vigilancia desde los órganos estatales para prevenir y corregir todos los efectos alteradores de este aspecto de la Coyuntura.

La forma más eficaz de combatir los efectos perturbadores de las reacciones psicológicas es llevar al convencimieno de la población que el Estado no tiene otro interés que el de los administrados, y que tiene puesto todo su afán en la estabilización y perdurabilidad del valor adquisitivo de la moneda, tanto en el interior como en el exterior.

Toda medida del Estado tendente a irregularizar el libre juego de la oferta y la demanda en el mercado de productos o en el de capitales, nacional o internacional, crea en el ánimo de los particulares una inseguridad que altera toda previsión lógica del empleo del dinero, con grave quebranto de la previsión y de su consecuencia que es la prosperidad.

Veamos en forma gráfica cuáles son los circuitos mayormente afectados por el factor psicológico.

Si conocemos el valor de la renta anual de salarios, el de las rentas fijas del capital y el de los beneficios del empresario, y suponemos que las corrientes que engendran aquellas rentas son uniformes y que vienen medidas, por ejemplo, en una renta diaria constante, podemos dibujar la figura 1, en la que se representan las curvas acumulativas de las distintas rentas. Que en nuestro caso, de incrementos iguales en el tiempo serán las rec-

tas que pasan por el origen de coordenadas dibujadas en la figura.

En un tiempo t, el valor acumulado de la producción, que suponemos en equilibrio con la «inducción», será igual a la suma de las tres rentas acumuladas *ts-sg-gm*. Pero veamos las diferentes características de estas tres rentas.

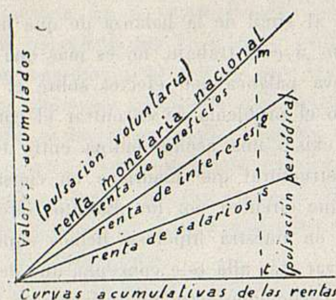


Fig. 1

Las dos rentas: salarios y fijas del capital, que denominamos de «generación», están engendradas por pulsaciones periódicas e involuntarias, ya que son las que sostienen el ritmo de la producción, ¡que no conviene detener! En cambio, la renta que nace en «inducción», o sea en el consumo e inversión, es de característica totalmente opuesta, ya que depende de la voluntad o estado psicológico de los compradores en gran parte, así que las pulsaciones que la engendran serán aperiódicas y voluntarias.

Supongamos un caso de equilibrio simple de un sistema, representado en la figura 1, y que tenemos encebados los circuitos monetarios correspondientes. Si la frecuencia pulsatoria media de la unidad monetaria para las rentas de «generación» es exactamente igual a la de la renta nacida en «inducción» (a largo plazo), si suponemos también que no existe ahorro ni expansión de medios de pago (equilibrio), *no habrá excedentes de producción*. Pero este no es un caso real; veamos de discurrir sobre posibles variaciones del sistema sin alterar el equilibrio.

Hemos visto que las pulsaciones de «generación», las de las rentas de salarios y de las rentas fijas del capital, tienen mucha resistencia a la variación, ya que están ligadas a una producción continua. En cambio, las pulsaciones que nacen de la aplicación de los beneficios a la «inducción» (consumo e inversión) tienen un ritmo más arbitrario, ya que dependen sólo de la voluntad del que dispone de estas rentas. Si la «pulsación inductiva» de los beneficios dobla la frecuencia, sólo hace falta una mitad de los medios de pago para llenar aquel circuito retractivo de los beneficios, en relación al caso considerado anteriormente. En cambio, si estas pulsaciones reducen a la mitad su frecuencia, se necesitará doble cantidad de dinero para tener encebado este circuito retractivo.

Vemos, pues, aquí una causa importante de desajuste monetario, a la vez que una posibilidad para la regulación, al conocerla.

Las cosas no ocurren tan simples en la realidad, ya que, por un lado, existe el ahorro y la expansión de los medios de pago, y por otro, resulta que el equilibrio perfecto entre lo producido y lo consumido eliminaría los excedentes, y éstos no pueden eliminarse en absoluto, ya que son los que influyen en la dirección de la producción hacia las cosas útiles al no colocarse, en el mercado, las inútiles.

Podemos afirmar después de lo dicho que un ahorro introducido en cualquier circuito de las rentas, suponiendo que la actividad o frecuencia pulsatoria del sistema no varía, repercute en desajuste del sistema provocando excedentes de producción; pero excedentes que se irán acumulando, así que un solo acto de ahorro provoca una acumulación de excedentes equivalente al producto de aquel ahorro por el número de pulsaciones de «inducción» que le corresponderían en el tiempo considerado. Inversamente, toda introducción de nuevo dinero en el circuito de cualquiera de las rentas repercute en un incremento acumulativo del consumo e inversión.

Vemos, pues, que la expansión de los medios de pago en un circuito monetario actúa igual que un aumento de presión en un circuito gaseoso compresible que circula forzado por una tubería, ya que el gasto del mismo es proporcional a dicha presión, además de serlo a la sección y a la velocidad. El ahorro, por su parte, actúa como una depresión en el mismo circuito gaseoso de la imagen y, por lo tanto, con efectos contrarios.

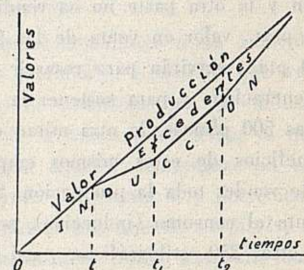


Fig. 2

En la figura 2, representamos un sistema en el que durante el tiempo *o-t* hay equilibrio entre la producción y la «inducción», al cabo del tiempo t; un solo acto de ahorro provoca un aumento constante de los excedentes. En el tiempo t_1, una expansión de los medios de pago aplicada a la «inducción» e igual a la magnitud del anterior ahorro, equilibra la «inducción» a la producción, persistiendo los excedentes constantes, y finalmente una nueva expansión de los medios de pago en la «inducción» al tiempo t_2, tiende a reducir aquellos excedentes. Téngase en cuenta que suponemos constantes la producción, los precios y la pulsación media de las distintas rentas (a largo plazo).

Los actos de ahorro y de expansión de los medios de pago son voluntarios y están ligados psicológicamente al tipo de interés del mercado de capitales. Así que dominará el ahorro o la expansión del crédito según que el tipo de interés del mercado sea superior o inferior, respectivamente, al tipo «natural» o de equilibrio. Por interés «natural» o de equilibrio se entiende aquel tipo que equilibra la oferta de ahorro a la demanda de crédito. Este tipo «natural» del interés depende del rendimiento de los medios de producción o bienes de capital y de la apreciación «subjetiva» de aquellos rendimientos y de la seguridad de los mis-

mos; en una palabra, es la ley de la oferta y la demanda la que actúa sobre estos factores del ahorro y la expansión del crédito, en lo que al mercado de capitales se refiere, de la misma forma que actúa en el mercado de productos.

Los efectos beneficiosos de esta ley de la oferta y la demanda, esto es, el acoplamiento de la producción a las necesidades de la demanda, tienen en compensación el tributo que representa la creación de excedentes, de artículos que no tienen interés para el mercado. Tampoco se puede confiar a esta ley el encebado de los circuitos monetarios, la resolución del problema de la ocupación total, ni socialmente es admisible dejar a aquella ley la fijación de los salarios, tratando al asalariado como una mercancía.

Así que el Estado, por medio de sus órganos técnicos adecuados, ha de velar por la dirección de la inversión privada y demás problemas que plantean las modernas economías, sin eliminar los efectos automáticos de regulación de la ley de la oferta y la demanda.

DIRECCIÓN DE LA INVERSIÓN PRIVADA

Otro problema se nos presenta al diferenciar los bienes de «capitalización» de los de consumo. Así como para adquirir los primeros se puede echar mano del crédito a largo plazo para ampliar los medios de pago, ya que se pueden pagar los intereses del préstamo con los resultados de la producción de aquellos bienes de capitalización, para la adquisición de los artículos de consumo, al no ser posible aquella forma de crédito por no ser reproductivo el consumo, se tendrá que proceder indirectamente. Al ampliar la producción de bienes de capitalización nacen mayores rentas de «generación» que se podrán aplicar a artículos de consumo, y para adquirir aquellos bienes producidos se hará uso del crédito a largo plazo; de esta forma indirecta se estimulará o incrementará el «consumo» paralelamente a la «inversión».

Un punto que no se debe perder de vista, al hablar de la expansión de las inversiones, es el de la *dirección de las mismas hacia las capitalizaciones eficaces*, esto es, conviene dirigir el dinero a las producciones que puedan ser rentables, tanto si son producciones nuevas como mejora de las existentes por aumento de la eficiencia.

El investigador inglés M. Kalecki, en *La economía sin paro forzoso*, pág. 74, señala que la inversión privada debe estar en un nivel adecuado para expansionar la capacidad del equipo «pari pasu» con el aumento de población trabajadora y de la productividad del trabajo, es decir, proporcionalmente a la producción de plena ocupación. Para un país como Inglaterra al llegar, en circunstancias normales, a un grado avanzado de industrialización, puede ser motivo para pensar cómo hace M. Kalecki, en una limitación de la inversión privada, pero en el caso de nuestro país, atrasado en el desarrollo industrial, no puede ser motivo de preocupación una inversión privada importante, y por esto apuntamos solamente la necesidad de dirigir estas «inversiones» a las capitalizaciones eficaces.

No podemos, pues, aceptar el criterio de M. Kalecki, ni la preocupación de este investigador al decir que —una inversión demasiado grande puede representar una pérdida de recursos productivos, ya que si esta «inversión» se puede aplicar en mejora y racionalización de lo existente, no habrá tal pérdida. Antes al contrario, el equipo que deja de producir la competencia de otro más perfecto, será una reserva que dará elasticidad para los ajustes.

LA VENTA A PLAZOS Y LAS CRISIS DE CONSUMO

La venta a plazos resuelve el problema de la demanda deficitaria mientras dura la expansión del crédito que esta venta a plazos supone, pero al tener un límite esta expansión queda detenido el efecto, pues llega un momento en que la corriente de créditos concedidos es igual a la corriente de dinero; a partir de este momento las condiciones o la amplitud del consumo vuelven a su primitivo valor.

Si en un momento determinado se produjera una contracción del crédito concedido para la venta a plazos, entonces viene una retracción del consumo igual y contraria a la ampliación que antes se había producido en las ventas por la expansión de aquel crédito.

Podemos afirmar que la venta a plazos exagerada es un fenómeno peligroso y no es solución definitiva para demanda deficitaria.

POLÍTICA DE PRODUCCIÓN ESTATAL

a) *Sostenida con impuestos.*

Prescindiendo del caso en que *puede ser una solución momentánea para evitar un paro inmediato*, la producción estatal mantenida a base de impuestos *no resuelve, antes agrava, el problema de la demanda deficitaria*, pues alarga el proceso de formación de la renta, tanto si los impuestos descargan sobre los beneficios como sobre las demás rentas. La interposición de la producción del Estado en el camino que siguen aquellas rentas hacia el consumo o la inversión, provoca el retraso de la «actividad pulsatoria de inducción» de aquellas corrientes monetarias.

Si los impuestos descargan, en último término, sobre los precios, como si descargan sobre las rentas, se puede provocar un desplazamiento de la demanda o una redistribución de la misma; pero globalmente no puede producirse un aumento de dicha demanda o de la «inducción», ya que justamente las rentas nacidas en la producción estatal equivalen exactamente al aumento del valor global de la demanda, provocado por el aumento de precio, en el primer caso; y el valor global de la reducción de las rentas, en el segundo.

Si la producción estatal es de bienes que luego salen al mercado, entonces *el problema se agrava mayormente*, al aumentar el valor global de los bienes que aparecen en la «inducción», sin aumentar las rentas.

b) *Financiada con empréstitos.*

Unicamente una producción estatal a base de empréstitos supliendo la falta de iniciativa privada en la capitalización podría

ser un atenuante de la falta de dinero en la «inducción» (en especial en el «consumo»), siempre que los bienes producidos fueran entregados gratuitamente a la sociedad o quedaran propiedad del Estado y el producto de los mismos se destinara a rebajar los impuestos que se aplicaran para el pago de los intereses de la deuda contraída, siempre que esta reducción de impuestos se tradujera en baja de precios.

Veamos de aclarar el concepto desarrollando algo más la exposición. Los empréstitos estatales, siempre y cuando no existiera iniciativa privada, determinarían un proceso de expansión del crédito que al transformarse en rentas, en la producción estatal (generación estatal) ampliarían los medios de pago que llegan a la demanda o «inducción». Pero si estos bienes de capitalización estatal llegaran al mercado, quitarían toda la eficacia a aquella expansión de los medios de pago, que volverían a ser absorbidos en el mercado al adquirir (inducir) aquellos bienes.

El empleo sistemático del empréstito por parte del Estado envuelve el peligro que representa una expansión constante o continua de los medios de pago, con tendencia a dirigirse mayormente al consumo, así que por una parte, el Estado absorbe el dinero del mercado de capitales reduciendo aún más las posibilidades de capitalización o inversión privada; y por otra, si los mercados del consumo no están surtidos perfectamente de artículos de necesidad primaria, esta producción estatal financiada con empréstitos puede provocar una inflación monetaria, al dirigirse principalmente al consumo las rentas engendradas en aquella producción.

Kalecki, en la obra ya citada (pág. 63), al estudiar de dónde procede el dinero para financiar *el déficit presupuestario estatal*, quiere aclarar el concepto de que «el déficit en el presupuesto se financia siempre por sí mismo, es decir, que su aumento produce siempre tal incremento de rentas y tales cambios en su distribución, que proporciona el ahorro suficiente para financiarlo». A esta afirmación no se le puede dar el sentido matemático con que aparece en una dura crítica publicada *Anales de Economía*, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (Número 28, octubre-diciembre de 1947), pues si bien el grado de ahorro que permite el incremento de las rentas estatales creadas con el déficit presupuestario, depende de la voluntad de los ahorradores, cualquiera que sea el destino que se dé a aquellas rentas, al engrosar los circuitos monetarios de la «inducción», si es que no se ahorran directamente, servirán para liberar créditos o péstamos que estaban garantizados por los «excedentes de producción» no liquidables, redundando en una reducción de la tensión crediticia o mejora del mercado de capitales; o bien en una expansión del proceso productivo. Pero el incremento de la circulación monetaria provocado por el déficit, en definitiva, repercute en una reducción de las posibilidades de expansión de los depósitos bancarios y del ahorro. Los efectos compensadores del ahorro creado por el déficit de que habla Kalecki, sirven para estabilizar en una cantidad fija (hablamos en términos económicos, no matemáticos) la reducción del ahorro precisa para sostener unos déficits persistentes.

Resumiendo diremos que la producción estatal sólo es admisible cuando la empresa privada no despliega la iniciativa, *ya que el dinero que retira el Estado del mercado de capitales (en el caso de empréstitos) es el mismo que se utilizaría en las inversiones y producciones privadas con un rendimiento muy superior*, y que procede de los depósitos y ahorros de los rentistas y empresarios, ampliado por el proceso de la expansión del crédito. Así en los pueblos cuya industrialización está atrasada, como en el nuestro, no conviene la producción estatal si no es para resolver problemas momentáneos de paro o de crisis de consumo.

POLÍTICA DE INVERSIÓN ESTATAL

Esta es la mejor manera de intervenir el Estado para la corrección de la demanda deficitaria y del problema de la ocupación. Entendemos por «inversión» el acto de adquirir los bienes de capital o precapitalizados una vez producidos; esto es, consideramos el acto de la «inversión» completamente desligado de la producción.

Después de lo que hasta aquí venimos diciendo, ya se comprenderá lo acertada que puede ser una política de «inversiones» estatales que, adquiriendo bienes producidos por el empresario particular, estimule a la iniciativa privada. Si los ingresos para estas «inversiones» se financian con empréstitos, se producirá una expansión de los medios de pago que tenderá a reducir la tensión del crédito en el campo de los empresarios, ya que el aumento de «inversión» contribuirá a la liquidación de bienes sobre los que estaba inmovilizada la garantía de los préstamos.

Cuando haya retraimiento en la «inversión» privada, tampoco será mala política ésta de la inversión pública o estatal aunque se alimente con impuestos que carguen sobre las rentas en general. En épocas de excesivo consumo en relación a la «capitalización», puede ser el sistema del impuesto sobre las rentas de capital y de salarios la única forma de que adelante la industrialización de un país atrasado, limitando algo el consumo y activando la capitalización.

Una vez resuelto el problema de un patrón monetario que dé flexibilidad a la «circulación fiduciaria», consideramos factible e interesante el lanzar dinero a los circuitos monetarios a través de la «inversión» estatal.

POLÍTICA DE REDISTRIBUCIÓN DE LAS RENTAS

Por una aplicación estudiada del impuesto puede lograrse una efectividad sobre la demanda desplazando adecuadamente las rentas de unas a otras clases sociales. Por ejemplo, con un impuesto sobre los beneficios que recaiga en los perceptores de las rentas más altas y vaya a parar, en virtud de cualquier proceso, a los de rentas más bajas, se estimulará el consumo en detrimento del ahorro.

La creación de Órganos estatales útiles, preocupados de la estadística, estudios económicos y de ordenación industrial y en general de cualquier trabajo reproductivo e insubstituible por la iniciativa privada, son aspectos a tener en cuenta en la redistribución de las rentas, pues las cargas fiscales precisas para el sostenimiento pueden contribuir a un aumento de consumo, al propio tiempo que contribuyen al mejoramiento de la Coyuntura las actividades ordenadas de aquellos Órganos.

REDUCCIÓN DE LA TENSIÓN CREDITICIA CREADA POR LA EXPANSIÓN DEL CRÉDITO

Como consecuencia de la mayor actividad de los medios de pago que hacen falta para equilibrar una economía progresiva, y de la expansión del crédito que la hace posible, nace una mayor tensión crediticia; esto es, aumentan las cantidades debidas por préstamos.

Como los créditos de que venimos hablando, créditos a los empresarios y créditos a la inversión, son a largo plazo, esto es, en forma de obligaciones a interés fijo o consolidables, ya que se invierten en bienes estables o inmovilizados, la tensión creada por estos préstamos podría comprometer la liquidabilidad de los depósitos bancarios o de las instituciones de crédito, si las reservas bajaran de las proporciones de un cálculo prudente. Pero no directamente cuando estos créditos se aplican a inversiones eficaces, sino por la movilización de dinero que supone el aumento de la actividad pulsatoria.

El aumento de volumen o de actividad de los circuitos monetarios, creado por la expansión de los medios de pago, como consecuencia del crecimiento de la producción y de la inversión de que venimos hablando, provocará una escasez de dinero en los Bancos e instituciones de crédito, así que coincidirá la mayor demanda de créditos con una mayor escasez de dinero para prestar. Y esto a pesar de las posibilidades expansivas del crédito por efecto de la cadena de depósitos que los mismos prestatarios realizan al hacer los pagos en talones bancarios que se vuelven a depositar sin retirar numerario.

Así que la tensión crediticia no aumenta tanto por los créditos a largos plazo, que a fin de cuentas son préstamos consolidados, como por la escasez de medios de pago creada por la activación de la economía productiva.

Cuando llegue, pues, la tensión crediticia a sobrepasar los límites que la prudencia establece para las reservas de las entidades de crédito, habrá que pensar en un acrecentamiento de la circulación fiduciaria.

Hasta aquí no hemos hecho más que discurrir con sentido común, pero llegamos a una conclusión que se llenará de objeciones y no sin razón por parte de muchos economistas.

La causa de estas objeciones es el mal concepto que han creado los defensores de la teoría de estabilizar la moneda a base de ligar su valor a un patrón monetario de provisión fortuita.

FLEXIBILIDAD DEL PATRÓN MONETARIO EXIGIDA PARA LOS AJUSTES

Hemos estudiado la variabilidad que precisa la circulación monetaria para ajustarse a los ciclos productivos, y esta variabilidad no puede darla una moneda ligada en absoluto a un producto como el *«oro»*, por ejemplo, cuya cantidad no tiene por qué guardar relación con aquella expansión productiva, debido a la rigidez a que está sometida su provisión.

Las reservas *«oro»* de un país, en el caso de tomar este metal por patrón, estabilizan en realidad la cantidad de moneda que circula en un país. Si el Estado emite, dobla por ejemplo la cantidad de moneda papel con el mismo fondo monetario (que supondremos haya llegado al límite impuesto por las reservas prudenciales); este papel adquiere un valor mitad frente a las existencias de *«oro»*, ya que se habrá tenido que desvalorizar so pena de no guardar las reservas la proporcionalidad exigida por la prudencia o las leyes. Así que, en nuestro caso, la cifra de la circulación dobla nominalmente, pero de hecho es la misma, ya que no ha variado la cantidad de *«oro»* que le da valor; y esto, tanto desde el punto de vista psicológico o subjetivo del valor dado al *«oro»* en una economía cerrada, como en el campo internacional, ya que si dobla un país la circulación fiduciaria unilateralmente y tiene intercambio comercial con países de «patrón oro» que no modifican la paridad ni la circulación, los precios del primer país tendrán que doblar, quedando la misma falta de medios de pago que tenía antes de aumentar la circulación fiduciaria. Tendremos la inflación.

En una economía abierta puede darse el caso de un país muy adelantado industrialmente que logre colocar en el exterior sus productos, atrayendo hacia sí medios de pagos estables (por ejemplo, *oro*) y que no note la falta de dinero circulante en una etapa de economía progresiva, pero será a costa de aumentar la escasez o deficiencias en los demás países, naciendo un desequilibrio económico internacional; a la larga actuará esta escasez de dinero en el propio país próspero, debido a las restricciones que los demás países se verán obligados a establecer para evitar la salida de sus reservas.

Las grandes catástrofes, guerras, inundaciones, etc., han hecho necesaria la emisión de mayor cantidad de papel moneda con el mismo fondo monetario; el prestigio y la coacción han permitido que momentáneamente aumentará el valor adquisitivo total de la moneda circulante, pero luego al volver a la normalidad la moneda ha ido tomando el valor que le correspondía, ya que el valor total del fondo monetario no ha variado, quedando desvalorizada la moneda en razón directa de su abundancia.

Hay, pues, que sentar bien claro que *un patrón monetario de provisión fortuita está en contradicción con la variabilidad de los medios de pago exigida por el progreso de la producción.*

LA PROVISIÓN DE ARTÍCULOS DE NECESIDAD PRIMARIA Y LA INFLACIÓN

Al verter dinero en los circuitos monetarios, sea por la expansión del crédito, sea por aumento de la circulación fiduciaria, es imposible canalizar los circuitos de este dinero en corrientes bien definidas; la mayor afluencia de dinero a los circuitos de «inducción» llegará, pues, más o menos distribuída entre los consumidores e inversionistas.

De existir en el mercado de productos algún artículo de primera necesidad o muy solicitado que escasee al aumentar la cantidad de dinero o renta de las clases sociales inferiores que no podían satisfacer sus necesidades primarias, se provocará un aumento en la demanda de aquellos artículos muy necesarios. Como las clases sociales con rentas superiores no estarán dispuestas a abandonar el consumo de aquellos artículos escasos, nacerá una fuerte tendencia al aumento de precio de aquellos productos desviándose hacia estos circuitos los incrementos de renta.

En definitiva, el nuevo dinero lanzado a la circulación habrá servido para aumentar el precio de aquellos artículos de necesidad primaria. De seguir el incremento de dinero o la expansión de los créditos, entraremos en un proceso de inflación.

En nuestra Tecnología económica, hacemos un extenso estudio de estos fenómenos, expuesto en forma gráfica y simplificada. La importancia de los efectos descritos podría ser el único justificante de un racionamiento establecido sobre los artículos de primera necesidad en circunstancias de escasez de estos artículos, para evitar el desplazamiento de las rentas hacia el consumo necesario de estos artículos.

No puede, pues, progresar y estabilizarse una economía sin tener perfectamente abastecido el mercado de artículos de primera necesidad.

DIFICULTADES DE ESTABLECIMIENTO DE UN «PATRÓN MERCANCÍA»

La estabilización monetaria a base de fijar el precio de las mercancías, o bien la idea de I. Fisher de considerar como unidad monetaria una cantidad de *oro* variable con un poder de compra estable, adolece del gran defecto de suprimir la ley de la oferta y la demanda para la formación justa de los precios.

Para dar más fuerza a nuestro concepto sobre la inconveniencia de la fijación de precios, vamos a utilizar las palabras de Kenneth E. Boulding (*Análisis Económico*, pág. 146): «El primer principio —dice— es que cualquier tentativa de fijar un precio por parte de la autoridad, sin intervención de la producción o el consumo está condenada al fracaso, a menos que, naturalmente, el precio fijado sea el mismo que se hubiera establecido en el mercado sin regular. La historia está sembrada de fracasos estruendosos de tales tentativas de fijar los precios.»

Aunque el tema se prestaría a alargarse en argumentos, sólo añadiremos que suscribimos totalmente las afirmaciones de Boulding y las que en el mismo sentido aún que en otras palabras hacen los demás economistas. Nuestro interés único, al hablar de este tema, es el descartar la posibilidad de establecer un «patrón mercancía».

¿UN PATRÓN SALARIO?

Para sustraer el asalariado de la ley de la libre concurrencia, reservada a las mercancías y para imposibilitar la presunta efectividad de la «ley de bronce del salario» deducida de las teorías de Ricardo, no se pueden negar las ventajas que para el asalariado reportaría la fijación efectiva del salario entre ciertos límites y de una forma científica.

Conocidas son las dificultades de la intervención y de eficacia de un sistema de fijación de salarios, pero en aras a las grandes ventajas que una estabilización en este sentido reportaría a la sociedad y en especial a las clases asalariadas, todo sacrificio sería loable y pequeño.

Para la aplicación eficaz de la estabilización de los salarios se hace preciso un cambio en la mente del trabajador para convencerle de las ventajas que la fórmula le reportaría.

Si se lograra estabilizar el nivel medio de los salarios en un régimen de «capitalismo libre» con libre competencia, los beneficios del empresario se van limitando en el tiempo por efecto de la libre competencia; también los «intereses» fijos del capital que, en conjunto, pueden y justamente deben aumentar en etapas de industrialización, se van amortizando en el tiempo y se limitarían o reducirían al llegar la industrialización a un límite, ya que al reducirse las necesidades de capital vendría una baja del tipo de interés.

Pero para estudiar más claramente estos puntos de vista, vamos a establecer lo que denominamos:

LEY DE PROSPERIDAD DEL ASALARIADO.

Nosotros designamos por *Econo* de un país o de una producción determinada a la relación:

$$\text{Econo} = \frac{\text{Valor de la producción}}{\text{Renta de salarios}} = \frac{P \times p}{J \times s}$$

en la que P es la producción vendida; p, el precio medio de esta producción; J, es el número de asalariados del país o de la producción que se considere, y s, es el salario medio.

Para este estudio tomamos como concepto de la «Renta monetaria nacional» el valor de la producción vendida, ya que nos da la suma de las rentas monetarias, salarios, intereses y beneficios, pues los impuestos del Estado se transforman también en estas rentas una vez han realizado su función. No interesan para nuestro estudio las rentas en especie, ya que por esta característica no tienen problemas de ajuste monetario. Así que también podemos escribir:

$$\text{Econo} = \frac{\text{Renta monetaria nacional}}{\text{Renta de salarios}}$$

Designando por «coeficiente de eficiencia» de la producción a la relación: $e = \frac{P}{J}$; esto es, a la producción que corresponde a una jornada de trabajo, podremos escribir:

$$\text{Econo} = \frac{P \times p}{J \times s} = e \frac{p}{s} \text{ de donde } \frac{s}{p} = \frac{e}{E}$$

expresión que nos relaciona importantes aspectos o factores que intervienen en el desarrollo económico de un país o de una producción determinada.

La relación $\frac{s}{p}$ nos mide el poder adquisitivo del salario, y el conjunto de la expresión $\frac{s}{p} = \frac{e}{E}$ que designamos por Ley de prosperidad del asalariado, nos corrobora lo dicho de que la producción estatal a base de impuestos cuando no hay ocupación total actúa como una redistribución de las rentas, ya que al aumentar el número de ocupados sin variar la producción disminuirán en la misma proporción el ECONO y la eficiencia.

Se supone surtido de artículos el mercado del consumo para sostener los precios y el poder adquisitivo del resto de asalariados. En último término, son los rentistas afectados por los impuestos los que compensarán el aumento global de las rentas de salarios.

En el aumento de la eficiencia concurren los intereses de los asalariados y los del capital, ya que los primeros efectos de aquel aumento son de estímulo a la iniciativa del empresario, que ve incrementar sus beneficios (aumento del ECONO paralelamente al de la eficiencia), pero la libre competencia al rebajar los beneficios traslada totalmente la mejora a los asalariados, de un tiempo más o menos largo según la intensidad del estímulo. *De forma que este mismo estímulo de los beneficios, que tiende, por un lado, a incrementar la producción para aumentar los beneficios, adelanta el disfrute de la mejora al asalariado.*

La población asalariada ha de convencerse de que es la proporción mutua de los salarios entre las diferentes categorías del trabajo la que mide el nivel de vida a la larga. Pero existiendo una estimulante y justa retribución que estimule a la perfección y al estudio, libertad para escoger el propio trabajo y una ocupación total en el país, puede cada uno acoplarse al trabajo para el que sea más apto y cambiar de ocupación a voluntad. Si no es posible establecer una invariabilidad absoluta de los salarios, es importantísimo, en cambio, tener claro el concepto de las relaciones de los factores que intervienen en el desarrollo económico del país.

Un Estado moderno debiera llevar un estudio riguroso del ECONO nacional e internacional y de todos los elementos que integran nuestra «Ley de prosperidad del asalariado», para ejercer un gobierno técnico sobre el desarrollo de la Coyuntura y del bienestar social. *Tener mucho para repartir, en vez de discutir cómo hay que repartir*; de esto último se encarga la ley de la libre concurrencia, que automáticamente tiende a trasladar la mejora del asalariado; basta con privar o intervenir los monopolios, abastecer el mercado de artículos de primera necesidad y fijar y vigilar los salarios mínimos.

Resumiendo, podemos afirmar que para estabilizar el valor de la moneda, cuya cantidad se hace creciente con el progreso, ha de escogerse un patrón monetario que no lleve implícita la inflación al aumentar la circulación fiduciaria. El «patrón salarios», sin desviar la libre acción de la oferta y la demanda en la formación de los precios, al estabilizar o regular el valor de los salarios, podría ser una base sólida de estabilización o regulación del valor de la «valuta», siempre que una verdadera técnica económica ordenara los demás factores gobernables de la Coyuntura para evitar la inflación o la deflación al variar la cantidad de moneda circulante.

La ley de prosperidad del asalariado y el intercambio internacional: Si, por ejemplo, Norteamérica tiene un nivel de vida para el asalariado veinte veces superior al del español, suponiendo desarrolladas en proporción las obras estatales y el ECONO de los dos países es el mismo (esto es, que la parte de renta monetaria nacional que perciben los asalariados es la misma), nuestra «ley de prosperidad» nos indica que la eficiencia del trabajo es en Norteamérica veinte veces superior que en España. Inversamente, si conocemos el ECONO y la eficiencia del trabajo en dos países, podremos saber el nivel de vida relativo.

EL INTERCAMBIO INTERNACIONAL, EL VALOR SALARIO Y EL VALOR MONEDA

Entre dos países con intercambio comercial libre existe una tendencia a la igualación de precios, prescindiendo de los costes de transporte de los productos (con las particularidades que citaremos luego). Se establece, pues, una competencia en la que triunfarán las industrias más racionales y perfectas de los dos países. Así que en el ejemplo citado antes de Norteamérica y España si existiera libre cambio perfecto, tendríamos:

$$\frac{sn}{pn} = \frac{se}{pe} \times 20$$

esto es, que el nivel medio de vida del asalariado norteamericano es veinte veces superior al del asalariado español. Y si suponemos que en los dos países circula la misma moneda, como los precios tienden a igualarse a base de libre cambio, resultaría que el salario americano podría ser veinte veces superior al del español, y su producción competiría con la nuestra. Si los dos países tienen valutas propias y el salario en unidades valutarias respectivas es el mismo, para que con libre cambio se llegue a un equilibrio de precios, será preciso que la unidad valutaria americana sea veinte veces superior a la española en el mercado de divisas.

La tendencia a la igualación de precios y la «ley de prosperidad» fijan, pues, el valor relativo de la moneda entre dos países, ya que podemos establecer un sistema de dos ecuaciones que nos permite: determinar la relación del poder adquisitivo del salario entre los dos países, y de ésta, la proporción de cambio de sus divisas respectivas. Así admitida la igualación de precios entre los dos países, la expresión encontrada anteriormente se puede convertir en esta otra:

$$sn = 20\ se$$

y si suponemos que el salario medio norteamericano es de 5 $ y el salario medio español de 25 pesetas, resultará:

$$5\ \$ = 20 \times 25 \text{ pesetas}$$

igualdad que implica un valor del dollar de $\frac{20 \times 25}{5}$ pesetas, lo que corresponde a un cambio de «un dollar» por «cien pesetas».

Para que se cumpliera exactamente lo dicho, sería preciso, además de un libre cambio perfecto, que cada país produjera todos los productos que pueda necesitar y que guardaran la misma relación entre sí los precios de los distintos productos en los dos países. En realidad, no es así, cada país tiene sus productos especiales, bien que no tienen los demás países o que pueden vender a precios más bajos, y el equilibrio de la balanza comercial (prescindimos de la de pagos) se hace a través de estos productos en gran parte. Además, las trabas comerciales y aduaneras, que siempre existen prácticamente, a pesar de tener los países establecido el libre cambio, son causas de que no exista una igualación de precios, tal como la supuesta en nuestra hipótesis.

De todas formas, el valor relativo de la moneda entre dos paí-

ses está sometido al valor mutuo del salario efectivo, si no por los sencillos lazos de nuestras deducciones para un supuesto ideal de libre cambio, con otra dependencia más compleja. Así, al estabilizar dos monedas fijando sus valores en *oro*, si este tipo de cambio no concuerda con el «natural» que viene fijado por la «eficiencia productiva» y el ECONO, se crea una causa de desequilibrio que tiende a concentrar el *oro* en uno de los países, y las mercancías en el otro. En efecto, el país A, de *oro* caro, cambiará su moneda con la del país B, para adquirir allí *oro* más barato, y con las divisas que entran en el país B, este país importará mercancías del país A, haciendo subir los precios en este país, provocando una competencia anormal e innoble entre la industria de los dos países, fundada en causas externas al perfeccionamiento técnico de la mismas, y al propio tiempo nacerá una causa de desarreglo del ajuste natural; al tender a la baja el poder adquisitivo del salario del país A y subida del mismo en el país B. Esto es causa de que los países se protejan con barreras artificiales para defenderse de esta *lucha económica artificiosamente por hacer depender el valor de la moneda de dos valores independientes, rígido uno, el valor del ORO, y variable el otro, con la efectividad del trabajo y el ECONO, el valor del poder adquisitivo del salario.*

Para revalorizar, pues, la moneda nacional en el exterior y aumentar el poder adquisitivo del salario en el interior, es preciso aumentar la eficiencia del trabajo mediante la racionalización y la industrialización del país dentro del marco de la libre competencia, como hemos demostrado.

EL CAPITALISMO LIIBRE, DESDE EL PUNTO DE VISTA INTERNACIONAL

Después de lo dicho en páginas anteriores, sobre la necesidad de regular algunos importantes factores que intervienen en el desarrollo de la economía de un país, se comprende la necesidad de una colaboración internacional para mejorar el bienestar general de todos los países.

La mejora de la eficiencia productiva, base del bienestar económico, exige una estrecha colaboración internacional para racionalizar la producción con un natural reparto de las especialidades. Un libre cambio de productos, capitales, trabajo e ideas habría de beneficiar a la gran familia de los países con capitalismo libre; la interrelación de las producciones en el mundo liga la prosperidad de unos países a la de otros, de la misma manera que un país aislado o una economía cerrada llega a un máximo de prosperidad con el florecimiento de las economías individuales de sus habitantes.

Veamos de discurrir sobre estos aspectos considerando lo que ocurre, por ejemplo, en el conjunto de la agricultura de un país. Tomamos ejemplo de la agricultura, por la especial característica de esta producción que permite vivir casi exclusivamente de sus producciones a los agricultores, siendo así comparables a pequeñas economías autárquicas.

Económicamente hablando, consideramos un error intentar el arreglo del problema del campo distribuyendo y parcelando en pequeñas propiedades la tierra. Si socialmente puede ser solución imperfecta el colocar a algunas familias sin trabajo e independizarlas, económicamente ha de dar malor resultados. Coloquémonos en el caso límite de terratenientes que cosechan lo suficiente para vivir directamente de sus cosechas, pero sin sobrantes, o con éstos tan escasos, que de su intercambio puedan satisfacer solamente unas mínimas necesidades primarias.

Un país con grandes cultivos racionalizados en el que se emplee la maquinaria, por destinar a la producción muchos capitales, podrá ofrecer sus productos a unos precios que para el pequeño agricultor representarán una vida pobre en extremo y un consumo mínimo de los demás productos de la industria. Basta aplicar la «ley de la prosperidad», deducida anteriormente para darse cuenta de la diferencia del poder adquisitivo del salario en dos países que tengan sus agriculturas diferenciadas en estos dos extremos: una cerrada, aislada e independiente de las demás producciones, y otra abierta, racionalizada y con intercambio abundante. El poder adquisitivo del salario, que es proporcional a la eficiencia, será siempre mucho mayor en una economía racionalizada o industrializada y con intercambio.

Así en el campo internacional, si queremos que prospere el «capitalismo libre», se hace precisa una estrecha colaboración, todo renunciamiento es pequeño para el logro de ésta. El bienestar económico de los pueblos y la perduración de nuestra civilización están unidos al desarrollo de la colaboración económica internacional. Y esto será factible cuando renazca una confianza en la estabilidad y en la prosperidad permanente del «capitalismo libre que substituya a la apetencia de predominio de unos países sobre los otros y que les lleva al deseo del fracaso económico de los demás países para evitar que puedan hacer competencia a su dominio y a una política baja de «divide y vencerán». Ese cambio, en la forma de pensar y actuar, debe nacer de la consideración de que han variado las circunstancias de seguridad mundial, un país aislado, no es hoy más soberano que aquellos otros que voluntariamente ligan sus economías creando una interdependencia necesaria, ya que en el mundo actual o contemporáneo un país solitario ha de marchar a la deriva, rompiéndose en los escollos que representan las barreras internacionales, y, por otra parte, la seguridad se funda en la fortaleza económica y en la unión internacional.

El Plan Marshall de ayuda a Europa: Para los EE. UU. el Plan Marshall representa una inversión estatal de favorables consecuencias para su Coyuntura, tal como hemos expuesto al hablar de la política de inversión estatal para las economías cerradas.

El préstamo a Europa es un aumento en la «inducción» de los productos americanos, activando la Coyuntura y pasando el dinero del préstamo a los industriales de Norteamérica.

Para los países europeos que van contrayendo la deuda, como tenían precisión de modernizar y reponer las máquinas destruídas por la guerra, ha sido realmente una gran ayuda. Por otra parte, la inflación que sigue a toda catástrofe y fruto de la escasez, hace que la demanda exagerada de productos propia de la postguerra se vea compensada por la entrada de los

productos americanos obtenidos sin salida de dinero. De no ser así, la inflación dificultaría extraordinariamente las importaciones necesarias.

El problema puede aparecer si Europa tiene que pagar los intereses del préstamo en *oro*, la que verá reducir sus reservas en circunstancias en que la mejora de la Coyuntura, debido a la reconstrucción, exige mayor circulación monetaria. Si América acepta el pago de la deuda en productos, la economía europea tendría una favorable expansión productiva, pasando el dinero de los Estados europeos a la circulación; pero en este último caso, América tendría una competencia de los productos europeos que no le conviene. Aquí nace una contraposición de intereses que ha de resolverse en forma altruísta mirando cada país no sólo su propia conveniencia, sino la de las dos partes. La solución está en resolver el problema de la demanda deficitaria, enfocando el problema monetario en el sentido de dar flexibilidad a los patrones monetarios, ligándolos a valores que no tengan la rigidez del *oro* o de cualquier otro patrón monetario de provisión fortuita

La estabilidad y prosperidad del «capitalismo libre» exige la solución satisfactoria de este problema.

Gerona, abril 1950.

Luego de algunas intervenciones sobre el anterior estudio, la Presidencia concede la palabra al Sr. Barden, quien da cuenta de haber fallecido en el accidente ferroviario del mes de abril uno de sus colaboradores, el Sr. Benítez, en el trabajo que va a leer. La Presidencia expresa su sentimiento y pide que ello conste en el acta de la sesión, como así se aprueba. El trabajo de referencia es el siguiente:

GRUPO X
SECCIÓN 1.ª

N.º 80. - Contribución al gran inventario de la riqueza nacional

AUTORES:

D. JUAN ANTONIO BARDEN MUÑOZ y D. JOSÉ GALLEGO DÍAZ

Ingenieros Agronómos

† D. CIRILO BENÍTEZ AYALA

Ingeniero de Caminos

D. CARLOS FERNÁNDEZ CASADO

Ingeniero de Caminos y Aeronáutico

1. Convendría, antes que nada, precisar el exacto significado de la palabra inventario para evitar todo confusionismo. Inventario, según el diccionario de la Academia de la Lengua, es: «El asiento de los bienes y demás cosas pertenecientes a una persona o comunidad, hecho con orden y distinción.» Resulta, pues, fundamental, que para hacer un inventario hay que tener, forzosamente, criterio ordenador absolutamente riguroso y, conjuntamente, un instrumento eficaz para llevar a cabo tamaña ordenación.

Pues bien, nosotros afirmamos que la Administración Pública carece, en absoluto, de un definido e invariante criterio normativo que permita presentar de modo claro el estado del Patrimonio Nacional en un período dado, y asimismo, como secuela de lo anterior, son absolutamente inoperantes los centros de información y de elaboración de los datos que debieran servir para formar el inventario.

He aquí, sin ambages, una rotunda afirmación que es preciso justificar. Si, por ejemplo, pretendiésemos estudiar el estado actual de la industria de la construcción o la gravedad del paro agrícola, nos encontraríamos con un cúmulo de informaciones suministradas por una serie de organismos que, más o menos específicamente, se ocupan de los problemas en cuestión. No hay que decir que cada uno de estos Servicios, aisladamente, cumplen su labor con eficiencia. Pero el estudioso de uno cualquiera de estos temas se encuentra sorprendido ante la disparidad, incongruencia e incluso contradicción de las series de datos por ellos ofrecidos. ¿Qué conclusión puede deducirse de este hecho real, que se presenta cotidianamente para todos los capítulos que integran el inventario de la riqueza nacional? Resulta evidente que:

a) Falta en absoluto plan orgánico para encuadrar los bienes y servicios nacionales en inventario riguroso y exacto.

b) Como consecuencia de lo anterior, la ausencia de coordinación entre los diversos institutos u organismos hace totalmente estéril el meritorio esfuerzo de cada uno de ellos considerado aisladamente.

Para el cabal estudio del inventario de la riqueza nacional resulta imprescindible el conocimiento de la renta nacional.

Kuznetz y sus colaboradores en U. S. A., Meade y Stone en Inglaterra, con la publicación de sus famosos y sucesivos «*libros blancos*», el profesor Tinbergen y J. B. Derksen en Holanda, Vincent y Perroux en Francia, etc., etc., han precisado en direcciones diversas y a través de múltiples ensayos las ópticas de la renta nacional en sus respectivos países. En 1945 aparece la publicación del Consejo de Economía Nacional, titulada *La Renta Nacional de España*. Estimamos conveniente señalar, con las mismas palabras de los autores del precedente estudio, los obstáculos que encontraron a su labor.

«No existe en el momento presente algo tan fundamental como un censo de la producción industrial. Nuestra estadística agrícola, la más completa de todas, sólo desde 1929 nos da unas estimaciones prácticamente completas; nuestra estadística de producción, aparte de su limitado carácter, tiene básicos defectos en su origen, y, finalmente, nuestra estructura tributaria no ha permitido la confección de una estadística fiscal aprovechable a los efectos de la estimación de la renta nacional. De otra parte, habría sido deseable disponer de algunos cálculos fundamentales referentes a nuestra estructura económica y a la evolución de nuestra coyuntura; que, en ausencia de otras estimaciones, podrían habernos servido como referencia indirecta en nuestra investigación. Mas lo cierto es que ni los organismos oficiales, ni la investigación privada, han sentido inquietud a este propósito, y carecemos de la más pequeña luz que pudiera orientarnos hacia la meta que constituye el objetivo de nuestro trabajo» (1).

Esta confesión de impotencia es desalentadora, y, al mismo tiempo, avala la veracidad de la afirmación que establecimos en las primeras líneas de esta comunicación.

Es obvio que el conocimiento preciso de la renta nacional es condición *sine qua non* para ejercitar una sana política económica. «El cálculo de la renta... como guía de la política económica, en sus distintas ramas, es absolutamente imprescindible. Al nivel de renta está ligado indisolublemente el de ocupación, y es así su estimación utilísimo instrumento para la política social. Del nivel de renta depende el coeficiente de nupcialidad y, a través de éste el crecimiento de la población, siendo así de aplicación imprescindible para la política demográfica. Del montante de la renta total del país son función las rentas y el consumo individuales, y por ello el rendimiento de la tributación directa e indirecta depende de las variaciones en la renta nacional. La política fiscal encuéntrase así ligada a los movimientos de la renta. Fácilmente se comprende que esta enumeración de relaciones de dependencia podría prolongarse, demostrándose que no existe manifestación de la política social o económica que no se resienta con el declive de la renta nacional o pueda hacer en la dirección marcada por los gobernantes, más efectiva su acción al elevarse su montante absoluto» (2). Como es sabido, los métodos de cómputo de la renta nacional (3) pueden ser agrupados del siguiente modo:

a) Calculando las rentas de las economías individuales, siguiéndose que la renta nacional es la suma de las rentas de los individuos de la nación. La Comisión encargada del estudio de la renta nacional omite si habrían de ser estimadas las rentas de los individuos residentes en el territorio metropolitano solamente como se hace en Francia o si se admite la noción personal y no territorial siguiendo el ejemplo de los «libros blancos» ingleses. De cualquier modo este método de estimación es únicamente factible en países cuya estructura tributaria se basa en un amplio impuesto sobre la renta global. «No es este, por desgracia, el caso nuestro y así la posibilidad de su aplicación no existe en nuestra patria.»

b) Si se considera la renta individual como compuesta de las remuneraciones debidas a los distintos factores de la producción, habría que disponer no sólo de un censo de las rentas individuales, sino también de su composición cualitativa, y entonces la suma de los distintos componentes nos daría la renta nacional. Este método resulta también de imposible aplicación en nuestra patria por carecer de homogeneidad la corrección de las oscilaciones de la estadística tributaria, por los métodos distintos empleados en la agricultura y la industria para la estimación del objeto imponible, y además porque las imposiciones, en gran parte, recaen sobre el producto bruto.

c) La renta nacional puede calcularse mediante la suma de las producciones netas de cada una de las ramas de la producción. Existen grandes dificultades y obstáculos insuperables para su estimación directa y, por consiguiente, la Comisión se ha visto obligada a efectuar una estimación indirecta.

d) La renta nacional podría obtenerse agregando al consumo durante un período el incremento del capital en ese mismo intervalo. La aplicación de este método también resulta imposible puesto que no se dispone de una buena estadística de consumo, ni mucho menos de una estadística de inversiones.

Reconoce la Comisión que debido a la imperfección del material estadístico ha tenido que emplear métodos indirectos con gran liberalidad, para la estimación de la renta nacional, sin pretender jamás otra cosa que lograr un substantivo de las estimaciones directamente realizadas. Como ella misma dice no es posible pesar leña con balanza de precisión.

Para no hacer interminable la serie de afirmaciones que corroboran nuestro aserto inicial, concluimos subrayando otra de las críticas formuladas por la tantas veces mencionada Comisión para el estudio de la Renta Nacional: «Nada hemos encontrado impreso de la importante labor que indudablemente desarrollan, en el aspecto de la estadística fiscal, los Ingenieros Industriales al servicio del Ministerio de Hacienda. Esta situación (la inexistencia de un censo de la producción industrial) es profundamente lamentable. Nos fuerza a formar nuestros índices, basándonos en la estadística disponible desde 1906, llamada de productos varios... Pero la Comisión no puede en este punto abstenerse de encarecer a la Superioridad la urgencia de fomentar, con los recursos de personal y material necesarios, los servicios de estadística industrial... Y, sin un esfuerzo categórico para mejorar tal situación, aun atribuyendo, como lo hacemos, un índice elevado de «fiabilidad» a las conclusiones generales de nuestro informe, creemos que será exiguo, en cuanto afecta específicamente a industria el valor de los estudios que, como el presente, tienden a computar sin espejismos el inventario real de bienes y rentas con que la nación puede contar en el desenvolvimiento positivo de su política interior y exterior» (4).

No olvidemos que el Ingeniero, el Técnico en general, opera aplicando sobre un substrato material especulaciones de orden ideal. Es decir, actúa desde un nivel determinado de la realidad sobre otro nivel inferior. Su mismo cometido le sitúa, por tanto, en la encrucijada de dos grupos de solicitaciones: por un lado, el organismo (estatal, paraestatal o privado) *desde* el que actúa; por otro, el medio *sobre* el que actúa.

Ahora bien; de todo lo expuesto anteriormente se desprende con claridad que al Ingeniero le es imposible conocer con exactitud las exigencias que plantea el medio sobre el que actúa, y por otro lado, los medios y normas que rigen la solución de esas exigencias y que emanan del organismo desde el que actúa, resultan, a la postre, baldíos, ya que son respuesta parcial a problemas mal planteados y de enunciado equívoco. Un espíritu escéptico podría preguntarse, a la vista de cuanto antecede, si no carecen de sentido los grandilocuentes planes de reforma cuando, en realidad, se desconocen los términos precisos de aquello que se intenta reformar.

Pretender que nosotros, Ingenieros, no nos demos cuenta de la ineficacia a largo plazo de nuestra cotidiana tarea, es suponer que en la escala del trabajo nacional nuestro grupo profesional opera como una fuerza ciega capaz sólo de medir la realidad en toneladas o kilovatios.

Estimamos que el Ingeniero no debe ser una prolongación humana de la máquina ni actuar por acción refleja de órdenes establecidas *a priori*. Estimamos que su voz debe hacerse oír, que él debe comunicar al organismo impersonal las verdaderas necesidades de la realidad circundante.

Por ello, señalamos como conveniente para nuestra propia actuación profesional, el encararnos con decisión, abiertamente, con la realidad de nuestro entorno. *Oportet haeresses esse.*

2. ¿Y esta realidad, cómo podemos conocerla? Si nos atenemos a los datos oficiales recogidos por los organismos competentes, ella se refleja en las siguientes series de índices:

ÍNDICES DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA (1948)

(Bases: 1929 = 100)

Cereales:	
Trigo	57,9
Cebada	67,2
Centeno	63,0
Avena	60,5
Maíz	76,0
Arroz	77,3
Índice del grupo	62,3
Leguminosas:	
Habas	33,4
Judías	81,1
Garbanzos	45,1
Índice del grupo	54,0
Tubérculos y bulbos:	
Patatas	58,4
Cebollas	50,4
Índice del grupo	57,8
Plantas industriales:	
Remolacha	124,2
Plantas hortícolas:	
Índice del grupo	100
Frutales:	
Manzano	105,6
Naranjo	57,1
Almendro	133,6
Algarrobo	74,3
Plátano	162,7
Índice del grupo	87,5
Viñedo:	
Uva de mesa	73,8
Mosto	56,8
Índice del grupo	58 6
Olivar:	
Aceite	31,8

ÍNDICE TOTAL DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA: 63,7

ÍNDICE ANTIGUO (Base: media 1906-1930 = 100) REFERIDO A LA BASE 1929 = 100: 56,9

ÍNDICES DE LA PRODUCCIÓN INDUSTRIAL (1948)

(Base: 1929 = 100)

Minerales	26,5
Metales	56,2
Maquinaria agrícola	95,0
Medios de transportes	29,2
Productos químicos	83,3
Productos textiles	82,7
Carbones	158,7
Energía eléctrica	216,0
Materiales de construcción	126,2
Productos alimenticios	161,1
Índice general del grupo	127,9

ÍNDICE ANTIGUO (Base: media 1906-1930 = 100) REFERIDO A LA BASE 1929 = 100: 91,8

Sería prolijo y quizás no muy oportuno enumerar las consecuencias que para nuestra economía implican las anteriores cifras. Nos limitaremos a enunciar la opinión del señor París Eguilaz, director del Instituto de Economía Aplicada, secretario del Consejo de Economía Nacional y profesor de Política Económica de la Universidad Central, manifestada en su libro *Diez años de Política Económica en España*, 1939-1949. Madrid 1949.

«La experiencias ha demostrado que por los métodos seguidos en el período 1939-1948, no será posible incrementar a corto plazo la producción agrícola ni resolver los problemas creados por el déficit de esta producción.» (Pág. 53, op. cit.)

«No solamente ha disminuído la superficie cultivada, sino también los rendimientos por hectárea en muchos cultivos de secano.» (Pág. 49, ibidem.)

«Las reformas agrarias sobre la base de parcelar terrenos de secano para aumentar el número de pequeños propietarios, aparte de que provocan un peor empleo de los recursos (ganado de labor) y hacen difícil la mecanización y la liberación de la parte de terreno dedicado al cultivo de piensos para el ganado, eleva aquella masa de pequeños propietarios sobre la que no se puede actuar con medidas legales, por la dificultad de crear el instrumento administrativo adecuado para obligar al cumplimiento de dichas medidas.» (Ibidem, pág. 52.)

La propia Comisión para el estudio de la renta nacional señala con respecto al índice de producción de minerales: «Esto plantea graves problemas para el futuro español. El descenso de la producción de nuestros minerales básicos indica, con la elocuencia de las cifras, un agotamiento técnico o económico de nuestras venas minerales.»

Por nuestra parte comentaremos brevemente el alza observada por la Comisión en algunos capítulos de la producción industrial.

Por lo que se refiere al carbón y a la energía eléctrica es notoria la insuficiencia del alza; y en cuanto a los materiales de construcción baste decir que el déficit de viviendas en diciembre de 1948, se estimaba —datos de la Fiscalía Superior de la Vivienda— en 432.463. Pero si a esto se agrega la cantidad de 1.448.269 viviendas insalubres, calificadas como tales por el mencionado organismo, resulta que el déficit se eleva a 1.880.732 viviendas.

Por otra parte, hay que tener en cuenta que el aumento de capacidad anual de las fábricas de cemento en el período 1929-1935 fué de 140.000 toneladas, mientras que en el período 40-48

el aumento anual fué sólo de 20.000 toneladas, que resulta incluso inferior en porcentaje anual, al incremento de población, si se considera el período desde 1935. (París Eguilaz, op. cit., páginas 231-232.)

La gravedad de este último extremo aumenta considerablemente si se considera la particularísima manera de distribuirse el cemento producido. Así, por ejemplo, en 1946, se distribuyó de la siguiente forma:

Preferencia absoluta	12,1 %	73,7 %
Pedidos oficiales	45,2 %	
Particular preferente	16,4 %	
Almacenistas	16,7 %	26,3 %
Libre disposición fábricas	9,6 %	

Es decir, que sólo el 26,3 % en principio ha ido a parar a la construcción privada, aparte del que se ha filtrado hacia ella de un modo tan irregular como conocido, presenta tanto en este material como en el hierro. Como advierte sagazmente París Eguilaz: «Todo sistema de distribución oficial de recursos con criterios preferenciales entre empresarios privados, presenta inconvenientes muy graves, tanto desde el punto de vista económico como en el aspecto administrativo, y conduce a ganancias monopódicas con todas sus consecuencias.» (Ibidem. *El plan económico en la sociedad libre*, págs. 166-172.)

A la vista de este sombrío panorama, cuya óptica no es nuestra, cabe preguntarse si tendrá correlación con aquellos otros, no precisamente optimistas, que reflejan el índice de salarios *reales* y el de coste de vida, que a continuación transcribimos:

ÍNDICE DE SALARIOS REALES (MÁXIMOS)

(Base: 1936 = 100)

PROFESIONES	1939	1941	1943	1945	1947
Mineros	74	61	62	60	53
Metalúrgicos	74	61	61	57	50
Textiles	74	65	67	66	54
Aserradores	70	60	61	59	64
Ebanistas	72	61	63	55	62
Papeleros	68	64	66	60	55
Cerámicos	72	62	62	59	59
Vidrieros	70	66	65	59	57
Herreros	76	63	64	61	57
Albañiles	70	60	61	58	54
Carpinteros	71	60	62	59	62
Canteros	68	56	58	56	53
Pintores	71	59	60	55	55
Zapateros	71	62	65	61	58
Sastres	76	65	64	60	53
Costureras	74	69	71	69	76
Agrícolas	76	73	74	72	60

«Si se consideran los índices de salarios reales, publicados por el Instituto Nacional de Estadística, se percibe que son muy inferiores a los de 1936 y que esta reducción es proporcionalmente mayor que el descenso de la renta nacional, lo cual indica una mayor desigualdad en la distribución.» (París Eguilaz, op. cit., página 181.)

COSTE DE VIDA EN LAS CAPITALES

(Base: julio 1936 = 100)

	1940	1944	1948
Alimentación	214,6	323,0	599,2
Vivienda	108,9	121,9	168,5
Vestido	204,7	340,0	594,1
Gastos casa	162,8	243,5	394,6
Gastos generales	145,8	171,8	297,1
Índice general	178,1	256,9	453,0

(París Eguilaz, op. cit., pág. 136).

VALOR ADQUISITIVO DE LA PESETA

(Base: julio 1936 = 1)

AÑOS	PODER DE COMPRA (1)
1940	0,56
1942	0,40
1044	0,39
1946	0,28
1948	0,22

(París Eguilaz, op. cit., pág. 136).

No debemos olvidar la inclusión en esta perspectiva del inventario de la riqueza nacional algunos extremos referentes a la política tributaria. Nuevamente transcribimos la autorizada opinión de la Comisión para el estudio de la renta nacional.

«Mientras que la presión tributaria descendió notablemente en el período siguiente a la guerra de 1914-1918, de 1939 en adelante se mantiene casi al mismo nivel que en el período anterior. Debemos hacer constar que nuestras afirmaciones se refieren exclusivamente a la presión tributaria originada por la actividad financiera presupuestaria; porque existe hoy una serie de gravámenes antes desconocidos que hay que considerar en forma análoga a la tributación y que no tienen expresión en el presupuesto del Estado. Si a estos últimos gravámenes se sumaran los aumentos de la tributación de los entes locales, entonces la conclusión sería muy distinta y, desde luego, desfavorable.

Aparte de presión real directa hay que estimar la presión indirecta real, y esta última ha aumentado extraordinariamente. No sólo interesa el montante absoluto y relativo que se paga, sino también la forma en que se practica la exacción mientras se investiga el disponible; y es evidente que las molestias, inconvenientes y riesgos han crecido inmoderadamente en lo que se refiere a las relaciones jurídicas del contribuyente con el fisco, aumentándose de esta forma la presión tributaria real, con perjuicio para el contribuyente y sin aumento de la recaudación del Erario Público» (5).

3. Ningún Ingeniero, ningún hombre de ciencia, es un ser adánico cuando se dispone a realizar su tarea. Una dilatada experiencia histórica ha ido sedimentando, con la colaboración de muchos, un amplio depósito de *mentefacturas*, al cual acude el Ingeniero en cada situación problemática, para extraer de él, algo en cierto modo heredado: instrumentos de cuyo prestigio se siente ajeno, teorías elaboradas con dolor de creación. Esa ilustre herencia, por sí sola es incapaz de satisfacer a quien sienta legí-

(1) En función del coste de vida en las capitales.

timo anhelo de mejorar las condiciones de la sociedad en que vivimos.

Es curioso observar, como dice Mannheim, que «el más completo racionalista en cuestiones técnicas se conduce de modo completamente irracional cuando considera a la sociedad en su conjunto; y que cae en ello con excesiva facilidad, en parte, por tedio natural y, en parte, por otra de determinados complejos sociales que todavía actúan sobre su inconsciente. La falta no es de la inteligencia, sino de la voluntad de quien duda en aplicar a la organización de la sociedad las leyes que regulan en otros dominios la relación de causa y efecto».

Ejemplo de ello y bien notorio por cierto, es el auge que ha ido alcanzando en estos últimos años la «Managerial Revolution», o dominación de los gerentes, apadrinadas por ingenieros de muy diversas especialidades y nacionalidades que tal vez no hayan advertido la servidumbre que se imponían.

Esto obedece a que se pierde de vista el hecho de que esa herencia espiritual, a que antes aludíamos, no es una camisa de fuerza ni una prenda de la que cabe desprenderse alegremente, un buen día, por puro capricho. Es un proceso orgánico que se renueva y queda, transformándose en su continuidad, pero siempre al servicio del bienestar de los grandes grupos trabajadores. El imperativo más exigente que nos invita hoy a exponer con la máxima claridad y precisión los supuestos fundamentales del inventario de la riqueza nacional es éste: no existirá auténtica riqueza nacional mientras no haya una justa distribución de los bienes.

Pero advirtamos, a fuer de sinceros, que esa condición previa de poner orden en nuestra economía nos parece, sí, necesaria, pero en modo alguno suficiente. Para poder movilizar las reservas latentes y aprovechar la virtualidad de múltiples energías potenciales, es preciso crear formas específicas y eficaces de integración.

Los sentimientos de insatisfacción que experimentan hoy los ingenieros en cualquier lugar del mundo deben, pues, integrarse en un movimiento con propósito de formular bases de crítica constructiva y no meramente de disolución iconoclasta. Así, solamente, podría transmutarse nuestro precario papel actual en una auténtica función social.

Sólo así podría reivindicarse lo que quizá en ningún otro período de la Historia se haya sentido más amenazado; la dignidad humana del Ingeniero.

4. Sentiríamos haber defraudado a nuestros compañeros que esperasen encontrar tras el título que encabeza nuestra comunicación un conjunto de datos numéricos, inéditos y precisos sobre el inventario de nuestra riqueza nacional.

Nuestro propósito es otro. Es evidente que nosotros carecemos de la facultad de los zahoríes para descubrir datos ocultos o para poner concordia entre los ya existentes. Nuestra intención es mucho más humilde; sólo queríamos señalar la ineludible necesidad de realizar ese inventario y denunciar el hecho de que serán ilusorios cuantos proyectos o planes de mejora se formulen, mientras carezcamos de él.

Insistiremos sobre la necesidad de aplicar la duda vital a cada problema cotidiano; a nuestro grupo profesional y a todo el país en general le es necesario conocer la situación real de nuestra economía. Hoy, nuestras informaciones pueden ser desorbitadas en uno u otro sentido; carecemos de canon que nos contraste su adecuación con la realidad. Habría que desechar toda solución general de mejora mientras desconozcamos el horizonte sobre el cual se pretende construir. Por otra parte, toda solución particular a cualquier problema que aparezca en nuestra vida profesional diaria —problema que estará siempre unido, por naturaleza a otros de índole superior— ha de coordinarse necesariamente a las directrices generales de un Plan Nacional de Reconstrucción.

En cada solución, por específica que sea, hemos de sentirnos responsables ante la insobornable presencia de la vida nacional. «Si el Congreso se orienta hacia la advertencia, el toque de alarma, la verdadera colaboración inteligente con el Poder Público, que no consiste en decir que sí, sino en justificar el porqué sí o el porqué no, sus resultados pueden ser definitivos». Suscribimos íntegramente la autorizada opinión expresada recientemente por el ilustre Ingeniero de Caminos, don Alfonso Peña Boeuf, y hacemos votos para que en el III Congreso Nacional de Ingeniería, que deseamos próximo, el inventario de la riqueza nacional haya dejado de ser un repertorio de vagas sospechas y se haya convertido en un sistema ordenado de datos fehacientes y rigurosos.

Madrid, mayo 1950.

BIBLIOGRAFIA

(1) «La Renta Nacional de España». (Publicación del Consejo de Economía Nacional.) Madrid 1945. Vol. I, pág. 17.
(2) Ibídem, pág. 19.
(3) Ibídem, págs. 47 y ss.
(4) Ibídem, págs. 22 y ss.
(5) Ibídem, págs. 145 y ss.
(6) JACQUES DUMONTIER: «Revenu nationale» (Revue d'Economie Politique, 57, Annee, núm. 3, págs. 415 y ss.).
(7) W. STARK: «The Ideal Foundation of Economic Thought. (Three essays on the Philosophy of Economics. Londres 1944. Págs. 61 y ss.)
(8) COLIN CLARK: «The Economics of 1960». Londres 1944.
(9) R. G. HAWTREY: «La restauración económica del mundo de la postguerra». Madrid. Aguilar. 1948.
(10) HIGINIO PARÍS EGUILAZ: «Diez años de política económica». Madrid 1949.
(11) Ibídem: «El plan económico en la sociedad libre». Madrid 1947.
(12) CIRILO BENÍTEZ AYALA: «Estudios sobre la economía de los transportes». (Inéditos.)
(13 Asociación Nacional de Ingenieros Agrónomos.—Publicaciones del Congreso Nacional de Ingeniería Agronómica. «Posibilidades y necesidades nacionales de la coyuntura agrícola». (23.)
(14) Ibídem. «Estadística». (38.)
(15) Ibídem. «Industrialización agrícola». (16-18-21-33.)

El trabajo, una vez leído, es objeto de varias intervenciones; el Sr. Barden esclarece las dudas presentadas y da los datos estadísticos que se le solicitan.

Prosigue la lectura de los resúmenes de los trabajos cuyos autores no están presentes, y que íntegramente se reproducen a continuación:

GRUPO X
SECCIÓN 1.ª

N.º 23. - Cómo proteger la industrialización

Autor: D. JOSÉ BORRELL MACIÁ
Ingeniero Industrial

Si la política económica debe dirigirse a conseguir el máximo aprovechamiento de los recursos económicos del país y una renta nacional lo más elevada posible, es evidente que —circunscribiéndonos al aspecto industrial de la cuestión— los poderes públicos han de preocuparse de cómo incrementar la industrialización, y ello no sólo en el sentido de favorecer el montaje de nuevas industrias interesantes, sino principalmente en el de que las existentes —nuevas y antiguas— trabajen en las mejores condiciones para llegar al más alto grado de producción y de productividad.

Pero como en el funcionamiento de las empresas explotadoras de industrias ejercen gran influencia tanto la política tributaria como la social, sería error el prescindir de una y otra en estudios de esta índole, sin tener en cuenta que una fiscalidad excesiva o una política social desconocedora de las esencias del empresariado, pueden malograr, en sus efectos, las directrices mejor concebidas para llegar al engrandecimiento industrial del país, a base de la actuación más o menos libre de la iniciativa privada. Si verdaderamente se quiere favorecer la industrialización, ha de estimularse el espíritu de empresa; y ello, de un modo especial, si no se pretende ensayar los efectos de una economía socialista o colectivista.

Y es que —como dijo Békaert en el Congreso de Roma de la Unión Internacional de Asociaciones de Patronos Católicos (1)— «el desconocimiento de la realidad de la empresa en la busca de soluciones del problema social, ha ahondado más profundamente el abismo entre los patronos y sus colaboradores, y algunas reformas, como la de los Consejos de Empresa, que permiten a ciertos obreros llegar a ciertas alturas, corren el riesgo, a causa del clima de antagonismos en que se encuentran ambos elementos, de no tener más eficacia, como diría un hombre irónico, que la de dar a los industriales una especie de libertad vigilada», en perjuicio —añadimos nosotros— de la que se precisa para la marcha normal de la empresa.

No se olvide que «la fuerza impulsora en la economía capitalista moderna es... el empresario capitalista y sólo él. Él es, por consiguiente, la característica fuerza productora, o sea, la fuerza realizadora, creadora, como se deduce inmediatamente de sus funciones. Todos los restantes factores de producción, trabajo y capital, se encuentran en una relación de dependencia frente a él, adquieren vida por su acción creadora». Y, además, debe tenerse presente que «la actividad del hombre económico moderno... no está determinada sólo por la conciencia del deber, sino también por el amor... el amor a su negocio. Y no cabe ninguna duda que a través de este proceso, que se manifiesta en los hombres de la economía moderna, recibe la vida económica plenitud de energía vital que ninguna otra cosa podría producir» (2).

Por otro lado, «la esencia de la empresa es la especialización de la función de dirección responsable de la vida económica, cuya característica, algo olvidada, es la inseparabilidad de estos dos elementos: responsabilidad y gobierno. Bajo el sistema de empresa, una clase social especial, los hombres de negocio, dirigen la actividad económica; son, en sentido estricto, los productores, mientras que la gran masa de la población les suministra, simplemente, servicios productivos, poniendo sus personas y propiedades a disposición de esta clase», a cambio, de garantizárseles una remuneración fija con que hacer frente a sus necesidades, por parte de aquéllos que, a su vez, asumen ellos solos los riesgos del negocio (3).

No vamos a extendernos en las ventajas que esta división o especialización de funciones, tanto desde el punto de vista de la mayor garantía de acierto en la marcha de la empresa, como del de la conveniencia de los propios trabajadores, cuya adscripción demasiado rígida a aquélla, que algunos autores defienden, aunque no deba compararse con la a la gleba de los antiguos siervos, no deja de ofrecer en la práctica serios inconvenientes tanto por el deseo innato de mejorar de posición que puede inducirlos a cambiar de empresa, como por el riesgo —no por lejano menos posible— de perder a la vez en un momento dado su trabajo y sus ahorros si, con un exceso de optimismo, se aportaron éstos a una empresa industrial cuyo fracaso no es imposible.

Y, por lo que afecta al empresario, la intención de industrializar, de exponer sus ahorros, o los de quienes, con su garantía, le presten los suyos, y dedicar sus actividades personales al montaje y explotación de una industria, nace, evidentemente, de un impulso interior; pero necesita, para desarrollarse, de un apropiado ambiente (4), difícil de conseguir si se inculca al futuro empresario el convencimiento de que «la economía pertenece, por encima de la concepción burguesa de la sociedad,

a la comunidad del pueblo alemán» (5), o de que «la empresa no es sólo suya», sino que «ante todo es de España y también, en la esfera correspondiente, de todos los productores que en ella trabajan» (6); y sobre todo, incompatible —a nuestro juicio— con el de que los beneficios conseguidos se destinen en gran parte (7) a constituir un fondo con el que los trabajadores le expropien, una vez en marcha, la industria que él con sus iniciativas y sus esfuerzos ha creado, y cuyas primeras dificultades él sólo ha debido solventar.

Tanto el régimen tributario como la política social a la sazón imperantes, influyen, pues, evidentemente, en el deseo de industrializar y en los resultados de la industrialización. Pero, por el desconocimiento de la realidad de la empresa a que, hemos visto, aludía Békaert, los poderes públicos, deseosos de favorecer las industrias, si bien han procurado a menudo estimular al empresario en el aspecto material, ofreciéndole subvenciones, préstamos, garantías de interés, exenciones tributarias, etc., para contrarrestar las consecuencias desfavorables de determinados aspectos de la política fiscal, puede decirse que no se han propuesto nunca estimularle en el aspecto espiritual; ni en régimen de liberalismo económico, donde el Estado se ha limitado a dejar hacer, ni —menos todavía— cuando, deseando proteger a las masas trabajadoras, ha creído o que los intereses de éstos eran opuestos a los del empresario, en cuyo caso tal protección había de perjudicar a este último, o que, por el contrario, eran tan coincidentes que había de concederse a aquéllas iguales derechos que a él en la gestión de la empresa, en perjuicio, asimismo, de su deseo de actuar.

Y es que se da la paradoja de que al paso que en otros asuntos se tiende a volver a espiritualizar la vida, a superar el aspecto puramente materialista de la misma, en lo que concierne a las empresas se tiende, por el contrario —aunque sea inconscientemente—, a que el empresario pierda el cariño personal a la misma, desde el momento que ya no puede considerarla como cosa propia; y como no le queda otra conexión con ella que el apetito de lucro, al coartar la personalidad del individuo, se llega a «dificultar sus iniciativas y constreñirla a un ambiente gregario de rutina en que su horizonte económico se ciñe a su interés egoísta e inmediato» (8). La protección estatal a la industria y aún prescindiendo de los regímenes socialistas o socializantes, se reduce, en efecto, y en resumen, a estimular dicho apetito de lucro mediante ventajas materiales, pero puede decirse que en ninguna parte se ha preocupado de favorecer el amor del empresario hacia su empresa

Los empresarios románticos o idealistas que en el segundo tercio del pasado siglo echaron los cimientos de la industrialización de nuestro país, no anhelaron otra protección que la arancelaria y estaban convencidos de que, al pasar de obreros a patronos, habrían de trabajar más que antes y, posiblemente en los primeros tiempos, ganar menos o con menor regularidad. Pero el deseo de emanciparse, de ser dueños de su industria, les indujo —anteponiendo al espíritu a la materia— a aceptar con gusto todos los riesgos y todos los peligros. Hoy, en cambio, en que —de un modo especial a partir del armisticio de 1918— el intervencionismo estatal exacerbado y el amortecimiento del espíritu de empresa se entrelazan mutuamente hasta el punto que no se sabe cuál de estos fenómenos es causa o efecto del otro (9), la máxima aspiración en muchos sectores es diluir la personalidad del empresario y reemplazar la empresa privada por la estatal o por la cooperativa obrera, como si en su explotación tuviese más importancia la materia en forma de unas instalaciones que el espíritu que anima a quien, creyéndola suya o de los que le han otorgado su confianza, aspira a conseguir los máximos beneficios por un lado, y a conservarla amorosamente y ampliarla de acuerdo con lo que las circunstancias permitan, por otro.

No entra en nuestros deseos el extendernos acerca de los diversos estímulos que, en forma de protecciones materiales, vienen otorgando los poderes públicos a quien implantan o amplían industrias que se consideran interesantes para el país; y no comentaremos, por tanto, ni la Ley de 24 de octubre de 1939 con su Decreto complementario de 10 de febrero de 1940, ni otras disposiciones aparecidas con anterioridad, ya con carácter general, como las Leyes de 14 de febrero de 1907 y 2 de marzo de 1917, prorrogada y ampliada esta última, por R. D. de 30 de abril y R. O. de 24 de mayo de 1924, ya circunscritas a actividades industriales determinadas, como los ferrocarriles secundarios y estratégicos, los trolebuses, la industria sedera, la del motor y el automóvil, la de la construcción naval y navegación, las obras dirigidas a mitigar el paro involuntario, las viviendas protegidas, etc. En otra parte (10) nos hemos ocupado ya del asunto.

Pero aunque todos estos estímulos de carácter material, por interesantes que sean, no pueden tener éxito si no van acompañados de otros de carácter espiritual que impulsen al empresario a aceptar el riesgo que su función involucra, a cambio de satisfacciones de su espíritu, no debe olvidarse, por lo que afecta a la política fiscal en toda su complejidad, que «el fin de la economía del Estado no descansa en la producción de riqueza, sino en la producción de fuerzas productivas» y que, en consecuencia, «el egoísmo bien entendido de la Administración pública le debe llevar a favorecer el desarrollo económico y bienestar de la colectividad, porque si se atiende solamente a la inmediata función recaudatoria, se perjudica o destruye la eficacia del instrumento productivo —industria y comercio— y la propia Hacienda nacional recibe, a la corta o a la larga, el contragolpe, ya que se acortan o se agotan las fuentes de las cuales provienen sus ingresos» (11). El estudio de los obstáculos y de los incentivos que las diversas formas tributarias pueden representar para la prosperidad industrial, es, pues, cuestión que no debe ser desatendida por todo Ministro de Hacienda, ya que si aspira a «ser algo más que un mero recaudador, debe vigilar, modificar y aún suprimir toda forma impositiva que pueda poner obstáculos» a su incremento (12).

Los efectos de los impuestos —principalmente de los progresivos— sobre la tendencia a invertir, por parte del empresario, ha sido tema muy estudiado, incluso en nuestro país (13), llegándose a la conclusión de que puede afectar a la escala de preferencia y al deseo de soportar el riesgo, influyendo, en general desfavorablemente, sobre las inversiones de bienes-capital con períodos largos de producción, aparte del peligro de que «en vez de conseguir una tensión de energías económicas por encima de la normal, se alcance una normalización del rendimiento, que no es de desear» y de hecho que la limitación de los beneficios

del empresario «no será fácil de realizar sin afectar profundamente la formación de capital y el incentivo al trabajo» (14). De esta última consecuencia hemos tratado ya, y la primera resulta de que la ganancia del empresario es la fuente principal de la creación de capitales, ya que éstos resultan del ahorro de ingresos no destinados al consumo. Y prescindimos —porque ello nos apartaría de nuestro objeto— del caso de empresa de Estado que, por lo demás, ofrecen el riesgo de evolucionar hacia una socialización, con todos sus peligros.

Pero como la política tributaria o, mejor dicho, la cuantía de los impuestos, tiene íntima relación con la de los beneficios fiscales y éstos dependen en gran parte de las amortizaciones, todo lo que tienda a reducir estas últimas por debajo de una cifra técnicamente aceptable, dará lugar a beneficios ficticios y a un fondo de amortización —o, si se quiere, de reposición— insuficiente, es decir, a una descapitalización de la empresa. No se olvide que, en realidad, la amortización no es otra cosa que la contrapartida del demérito debido al uso o envejecimiento del objeto que se amortiza, y, por tanto, aunque la depreciación monetaria venga a compensar, en apariencia, sus efectos, tanto porque los gastos de conservación y entretenimiento crecen con los años de servicio, como por el mayor rendimiento y seguridad que puede esperarse de un equipo más reciente, de tipo más perfecto, llegará un día en que no podrá atribuírsele a aquél otro valor que como chatarra. Deben, por tanto, exigirse «amortizaciones que basten para la conservación de la substancia de la explotación y de su duradera fuerza productiva» (15); y el dificultar, con medidas fiscales, esta práctica, habrá de redundar necesariamente en perjuicio de la vitalidad de la industria nacional.

Vemos, pues, que la política tributaria, tanto por lo que afecta a la clase y cuantía de los impuestos, como a la forma de determinar las bases imponibles, puede perjudicar —en el aspecto material— las aspiraciones del empresario, actuando de antiestímulo para él mismo, pues hasta cuando «el Estado muestra una gran diligencia en querer favorecer el estamento social que considera más perjudicado..., él mismo dificulta sus condiciones de vida, de existencia, mediante una legislación tributaria excesiva y absurda» (16). Pero no faltan quienes no conciben la política social —aún prescindiendo de sus repercusiones en los gastos de explotación de la empresa, que no pocas veces pueden compensarse con un mayor rendimiento o con ahorros en otros conceptos, o pueden repercutirse en el precio de venta —sino en forma que ha de actuar necesariamente como antiestímulo en el aspecto espiritual, más perjudicial todavía, siempre que, como hemos visto, tienda a mermar las facultades del empresario o dificultar la expansión de la iniciativa privada. Si el sistema industrial moderno sólo apareció, propiamente, «cuando se ha podido disponer de cantidades enormes de dinero, de comestibles, de materias primas; cuando ha habido gobiernos regulares y ricos y medios seguros de transporte; cuando se ha instaurado la libertad de trabajo y de comercio; cuando los industriales pudieron encontrar fácilmente, para vender sus productos, un número cada día más grande de clientes» (17), se comprende que sea «dentro de la atmósfera de libertad política y libertad económica que crea la Revolución francesa, donde adquiere su pleno desarrollo la actividad del empresario» (18). Y los que tal política preconizan, al sumarse inconscientemente a los defensores de la teoría materialista de la empresa, aparentan ignorar que «un negocio sólo puede prosperar cuando el móvil del mismo es rendir un servicio a la humanidad» (19).

Pero más que la política tributaria y la política social, que pueden influir indirectamente, a través de los estímulos al empresario, en el deseo de industrializar, es en la política propiamente industrial, en su modalidad de precisar autorización previa la instalación de nuevas industrias o la ampliación o reforma de las existentes, no menos que en las limitaciones a la aportación extranjera, donde deben buscarse los principales obstáculos, aunque no fuere por otra cosa que por la necesaria lentitud de las tramitaciones burocráticas, en contraposición con las rápidas decisiones que requieren, a menudo, los asuntos industriales y comerciales, aún prescindiendo del caso de industrias de emergencia —cuya utilidad no ha de descartarse en absoluto— para aprovechar un subproducto o materia prima circunstancialmente abundante o fabricar un producto transitoriamente escaso.

Empezando por el dificultar la inversión, en la industria, de capitales extranjeros, en una posición exageradamente autárquica, no debe olvidarse que, a pesar de ciertos inconvenientes, la aportación de capital exterior ha tenido una fuerte influencia en el progreso económico. Se creyó que «el facilitar la actuación de compañías extranjeras conducía a que España adquiriera las características de una economía colonial, simple pieza al servicio de las economías ajenas», sin tener presente que, si bien en muchos casos la acción de las empresas extranjeras consistía, «no en desarrollar fuentes de riqueza o en crear nuevas industrias, sino más bien en asegurar unos suministros baratos de materias primas españolas para las industrias extranjeras, y en impedir o dificultar la utilización de esas materias primas en la creación de nuevas industrias nacionales», en otros «la aportación de capital exterior influyó en forma decisiva en el desarrollo de ciertos factores económicos» (20).

Se ha hablado, en efecto, de «la ofensiva de la finanza extranjera para apoderarse de España», y del volumen del capital aquí invertido, que se encuentra «en manos de la banca judía internacional» (21); y quizás no se ha tenido suficientemente en cuenta que gracias a tales capitales extranjeros —no menos que a la actuación personal de individuos de varias nacionalidades que vinieron a hacernos partícipes de sus conocimientos— pudieron implantarse aquí en su día —cuando la iniciativa nacional era nula o insuficiente en las actividades respectivas— importantes industrias mineras, siderúrgicas, metalúrgicas, químicas, mecánicas, eléctricas y ferroviarias, no menos que de explotación de otros servicios públicos; industrias muchas de las cuales han sido luego nacionalizadas —en el verdadero sentido de la palabra— por la iniciativa privada española, al presentarse para ello ocasión oportuna, cuando el movimiento de capitales a través de las fronteras gozaba de la libertad necesaria para ello. Recordemos, tan sólo, lo acaecido con los grandes ferrocarriles, con las aguas y tranvías de Barcelona, con las instalaciones de gas y electricidad procedentes de Lebon et Cia; limitándonos al período de preguerra.

Bien está que los gobiernos se preocupen de que la actuación de las empresas extranjeras sea beneficiosa para el país y no se conviertan en focos de espionaje o de propagandas subversivas,

pero no deben olvidarse las ventajas de todo orden que se derivan de la colaboración internacional. No por otro motivo se comentaba con agrado hace poco en uno de nuestros periódicos de mayor circulación, el hecho que —después de una etapa asaz nacionalística— el Gobierno mejicano «continuamente está haciendo llamamientos y dando facilidades para que el capital extranjero aligere su paso hacia Méjico, desoyendo la voz de las cornejas que prefieren la satisfacción de la vanidad nación a la satisfacción de las necesidades del país» (22), y ello a fin de propulsar la industrialización. Lo interesante es que se haga el milagro, aunque lo haga el diablo.

Y pasando ahora al condicionamiento industrial, hemos de empezar sentando que se justifica en la teoría que «la Economía nacional es un conjunto de recursos naturales, de mano de obra y de capitales, que es preciso administrar de modo que se obtenga de ellos, en cada momento, el máximo provecho para el país», y que, por tanto, «el desenvolvimiento industrial debe realizarse conforme a una ordenación programática previa, establecida por el Estado» (23). Tal es el fundamento de la Ley italiana de 12 de enero de 1933, de la portuguesa de 17 de mayo de 1937; y, en España, de la R. O. de 4 de noviembre de 1926 —que ya había prácticamente quedado sin efecto cuando fué derogada por R. D. de 28 de febrero de 1930— y de los Decretos de 20 de agosto de 1938 y 8 de septiembre de 1939, que vinieron a desarrollar, *a priori*, el apartado *a*) del artículo 4.º de la Ley de 24 de noviembre de 1939.

Se admite, en efecto, que «el industrial, en la compleja vida económica moderna, no tiene posibilidad de conocer si, y hasta qué punto, es útil y conveniente dar vida a una industria nueva y si, y hasta qué punto, la producción puede ser absorbida por el mercado interior o en el internacional, no solamente en el momento en que la industria se crea, sino, con cierta seguridad, en períodos sucesivos» (24). Y se admite, así mismo, que el Estado debe «regular la actividad espontánea de la iniciativa particular para evitar que, persiguiendo exclusivamente el lucro, sin tener en cuenta los altos intereses nacionales, entorpeciera y dificultara el resurgimiento, empleando inadecuadamente materias primas que escaseaban, divisas precisas para otras atenciones más urgentes y capitales que podrían consagrarse a menesteres más interesantes para la nación» (25).

En Italia, pues, el fascismo defendía la intervención del Estado en la industria, por no creer —gratuitamente a nuestro criterio— en la competencia del empresario individual; y es que «el argumento en pro de la intervención estatal, sólo puede basarse en el supuesto de que los funcionarios del Estado sean capaces de realizar su labor con más eficacia que los particulares» (26). Pero lo cierto es que, aunque «en todas las burocracias del mundo entero hay verdaderos héroes, a los que el común de los ciudadanos no otorga jamás, ni cuando viven, ni cuando mueren, la merecida gratitud», ellos «son una minoría», pues, en general, «la dedicación a la vida administrativa se produce mucho más laxamente, y mucho menos diligentemente, que la dedicación a la empresa privada o a una profesión liberal» (27).

La industrialización, pues, se verá obstaculizada con el condicionamiento industrial, tanto si su tramitación se confía a «personas que, aun siendo bien intencionadas, no se dan cuenta de que no es lo mismo hacer sobre el papel un proyecto de intervención... que luego, en la realidad, llevarlo a la práctica» (28), como si se busca un autointervencionismo sindical o corporativo que en ciertos casos «puede adolecer de falta de conocimiento de la situación real», pero en otros estará indudablemente «influenciado por los intereses particulares del grupo o subgrupo correspondientes» (29), ya que si existen «manifestaciones elocuentes e innegables de la tendencia monopolística del Estado», «en conjunción con ella actúa la codicia individual, estimulando aquella tendencia e incitándola a crear nuevos monopolios con los que espera satisfacer su afán de lucro en mayor proporción y con mayor rapidez que con la aplicación del sistema de libre concurrencia» (30).

Pero aceptando la conveniencia de la autorización estatal y de una dirección técnica responsable —aunque sólo fuere en garantía de la seguridad e higiene dentro de la fábrica y para los vecinos del lugar de trabajo, no menos que de quienes han de utilizar sus productos, y hasta de un apropiado aprovechamiento de las materias primas, maquinaria, energía, capitales y mano de obra— debe procurarse que tal autorización no venga impedida por ansias de mantenimiento de monopolios, ni sufra demoras debidas a trámites innecesarios o plazos excesivos. Y estimamos asimismo que, análogamente a lo dispuesto en las Ordenanzas Municipales de Barcelona, toda autorización ha de referirse a un proyecto firmado, naturalmente, por un técnico legalmente competente y que no se limite a ser un mero firmón, sino que, junto con el solicitante, sea «responsable de cuantas incidencias se originen en el curso de la instalación, ampliación o traslado de que se trate». Así se consigue no sólo saber que hay quien responde técnicamente de la bondad del proyecto, sino que los técnicos oficiales puedan dirigirse directamente al firmante para cualquier duda o aclaración que consideren conveniente para la mejor tramitación del asunto.

Y por lo que afecta al peticionario, sabrá que el autor del proyecto no ha terminado su misión al entregárselo firmado, sino que ha de velarlo mientras se tramita, actuando de enlace entre él y el organismo oficial que ha de autorizarlo, hasta que se haya llevado a la práctica. Y al reconocer el servicio que le presta el ingeniero en esta segunda fase, apartando los obstáculos que se opongan a una tramitación rápida y favorable, llegará a convencerse de la utilidad de la primera, de la que esta última es complemento indispensable. Y por lo que a nosotros afecta, al ser más apreciada nuestra labor, conseguiremos ensanchar el campo de nuestras actividades sin perjuicio para nadie, ya que no vendremos a ocupar otros puestos que los que habían quedado vacíos en las relaciones de la industria privada con los organismos encargados de la regulación industrial.

Pero para que esta idea pueda llevarse a la prácica, o sea, para que nuestra misión como ingenieros de ejercicio libre sea debidamente apreciada, es preciso que —sin modificar, si se quiere, ni el Decreto de 8 de septiembre de 1939, ni la O. M. del día 12 del propio mes y año, ni otras disposiciones legales acerca de la materia— se reconozca la necesidad de acompañar las peticiones de un proyecto —o de un anteproyecto en la primera fase—, se declare responsable a su autor de la ejecución del mismo y se le reconozca, en justa correspondencia, el derecho de inter-

venir en su tramitación, y de un modo especial, el de que se le dé vista del expediente antes de su resolución para que puedan constar en el mismo sus alegaciones, y el de asistir a las diligencias de confrontación y autorización de puesta en marcha, autorizando con su firma las actas correspondientes.

Y como resumen de cuanto llevamos dicho, entendemos que deberían proponerse las siguientes

CONCLUSIONES

1.ª En todas las disposiciones legales y administrativas que afectan a la industria directa o indirectamente, han de preverse sus consecuencias en cuanto al deseo de industrializar y de conseguir en la explotación industrial el mayor rendimiento posible; y ello debe tenerse particularmente en cuenta en las aplicaciones de la política tributaria y de la social.

2.ª Al fijar la modalidad y la cuantía de los impuestos, ha de dejarse al empresario —sea o no, a la vez, capitalista— un margen de beneficio suficiente para estimular su labor y para permitir ahorros que, en gran parte, se destinarán luego a nuevas inversiones industriales.

3.ª Los beneficios fiscales han de fijarse en forma que permitan la renovación del equipo productivo —desgastado por el uso o envejecido por el tiempo— aún en el caso de que ello exigiere la constitución de reservas superiores en cuantía al valor inicial del equipo a amortizar.

4.ª La retribución a la mano de obra, incluídas cargas sociales, ha de estar en concordancia con la productividad de la misma, o sea, que deben establecerse rendimientos mínimos al lado de los salarios mínimos; y que, en todo caso, han de calcularse los precios de venta en forma que —satisfechos dichos salarios— dejen al empresario un beneficio suficiente para que desee instaurar su industria y mantenerla en explotación.

5.ª Toda la política social ha de dejar siempre a salvo el derecho del empresario a dirigir su empresa —pues por su calidad de tal asume la responsabilidad de la misma— y el de escoger y separar libremente, y sin injerencias extrañas, los colaboradores y asesores que crea más conveniente.

6.ª Si se cree precisa una autorización estatal para implantar o ampliar industrias, ello no ha de ser motivo para mantener cotos cerrados, impidiendo la competencia de los nuevamente venidos que puede representar en los antiguos un estímulo para mejorar sus calidades o estudiar cómo reducir sus precios de venta.

7.ª Toda petición de autorización industrial —aunque sólo fuese a los efectos de la seguridad e higiene— habría de acompañarse de un anteproyecto, elevado más tarde a proyecto definitivo. Y el Ingeniero autor del mismo, que debería dirigir luego su ejecución, respondiendo de ella ante el organismo autorizante, habría de intervenir también en la tramitación del permiso y de un modo especial, siendo oído antes de su resolución y asistiendo a las diligencias de confrontación y de autorización de puesta en marcha.

Barcelona, marzo de 1950.

BIBLIOGRAFÍA

(1) *Fomento Social*, octubre-diciembre de 1949, pág. 505.
(2) SOMBARD: *El Apogeo del Capitalismo*, tomo I, págs. 29 y 44.
(3) KNIGTUS: *Riesgo, incertidumbre y beneficio*, pág. 242.
(4) OLÓRIZ: *Universidad de Barcelona. Problemas técnicos de importancia económica en la Nueva Organización de España*, pág. 69.
(5) *Ley alemana* de 20 de enero de 1934.
(6) SANZ ORRIO, *en Segovia*, 30 de marzo de 1942.
(7) *Proyecto argentino* de 21 de octubre de 1946.
(8) RAS: *Reflexiones sobre la Economía*, pág. 200.
(9) *Dyna*, abril, mayo y diciembre de 1945, págs. 194, 269 y 670.
(10) *El Intervencionismo del Estado en las actividades económicas*, págs. 45 y 144 y sig.
(11) GUAL VILLALBI: *La Vanguardia Española*, 22 de abril de 1939.
(12) TALLADA: *Fomento de la Producción*, 1 de julio de 1946, página 11.
(13) GÓMEZ ORBANEJA: *Moneda y Crédito*, marzo 1944, pág. 22.
(14) WEBER: *Compendio de Política Económica*, págs. 34 y 35.
(15) WEBER: *Compendio de Política Económica*, pág. 28.
(16) GUAL VILLALBI: *Preocupación actual por una política de la familia*, pág. 32.
(17) GINA LOMBROSO: *La tragedia del progreso*, pág. 99.
(18) TALLADA: *Economía Política*, pág. 188.
(19) *Firestone Hispania*, febrero de 1950, pág. 5.
(20) PARÍS EGUILAZ: *El Economista*, 26 marzo 1949, pág. 435.
(21) ROLDÁN: *Las colectivizaciones en Cataluña*, págs. 22 y 24.
(22) AUGUSTO ASSIA: *La Vanguardia Española*, 18 de enero de 1948.
(23) ROBERT, *en la Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona*, 31 de octubre de 1942.
(24) NAPOLITANO: *Instituciones de Economía Corporativa*, página 304.
(25) *Dirección General de Industria. La Política industrial en la Nueva España*, pág. 10.
(26) PIGOU, *reproducido por* HERMIDA. *Anales de Economía*, julio-septiembre de 1947, pág. 339.
(27) LARRAZ: *La Meta de dos Revoluciones*, pág. 261.
(28) ABOLLADO: *El Español*, 13 de enero de 1943.
(29) *Consejo Económico Sindical de la Provincia de Barcelona. Acta de la reunión del Pleno de 7 de junio de 1948*, página 19.
(30) VENTOSA: *La permanencia de las leyes económicas*, página 23.

GRUPO X
SECCIÓN 1.ª

N.º 302. - Las intervenciones estatales en la producción

Autor: D. JUAN ANTONIO BRAVO Y DÍEZ CAÑEDO
Ingeniero Industrial

NOTA SOBRE LAS INTERVENCIONES ESTATALES

El problema que plantea la intervención del Estado en la Economía, es por su origen, fundamentos y consecuencias, uno de los más graves, decisivos y transcendentales de la época presente.

Es sabido que la Civilización se ha caracterizado por la lucha constante entre los órganos de Autoridad y quienes la ejercían y el resto de la población.

Hasta la proclamación del Cristianismo y con él la igualdad de todos los hombres como hijos de un mismo Dios y, por consiguiente, «sujeto» de derecho anterior y superior al Estado, que viene obligado, por Derecho Natural, a respetarlos, a todo trance, los hombres vivían bajo el arbitrio de los poderes más o menos despóticos. Lo mismo en los Imperios asiáticos que en el de Egipto, el Emperador asumía todos los poderes: el religioso, el civil y el militar, y era dueño de vidas y haciendas de los súbditos.

Análogo sistema dominó en todas aquellas instituciones de la antigüedad, con la única excepción de Israel, en donde, desde el primer momento, tuvo un mayor reconocimiento la persona humana.

En Grecia, aunque la mayoría de la población era esclava, la minoría de los ciudadanos libres gozó de ciertas libertades, si bien «la Ciudad» tenía el derecho de disponer libremente de la vida, de la libertad y de la hacienda de los ciudadanos.

Se han inmortalizado las sentencias inicuas del ágora ateniense, contra Milciades, Temístocles, Arístides, Sócrates, etc.

Asimismo, en Roma, y a pesar de haber sido la cuna gloriosa de las Instituciones jurídicas de Derecho Privado, los derechos de la persona humana dependieron siempre de quien ejercía la autoridad, ya fuera Cónsul o Emperador.

Fué el Cristianismo quien sobre el cuenco glorioso del Derecho Romano introdujo la más hermosa de las máximas jurídicas: la proclamación de los «irrevocables, imprescriptibles e inviolables derechos de la sagrada personalidad humana», según frase feliz del Pontífice reinante, Pío XII, «anteriores y superiores al Estado»; substantivo a su ser, al ser creado, el hombre como imagen y semejanza de Dios, y, por consiguiente, que afectan a todos los hombres, sin distinción de raza, religión o situación social.

Estos principios, generadores de la Civilización Moderna y los más fundamentales de cuantos han sido preconizados en el orden jurídico, han constituído la esencia de toda la Historia en los veinte siglos transcurridos desde que fueron enunciados, en el momento culminante de la Humanidad.

Son de sobra conocidas las vicisitudes acaecidas hasta el siglo pasado en que el reconocimiento de los derechos naturales de la persona humana ha sido incorporado a las Constituciones políticas de todos los países y, a pesar de ello, se han dado en la práctica infinitas ocasiones en las que se han desconocido, burlando o mermando por parte de los Poderes Públicos con uno u otro pretexto, llegando a revivir de nuevo los tiempos del paganismo, en monstruosos Estados totalitarios que, por desgracia para la Humanidad, han surgido en nuestro tiempo.

Esta terrible concepción del Estado viene a coincidir con los principios marxistas, en el tristemente célebre Manifiesto de Marx y Engels, en enero de 1848.

Marx, al enunciar los principios de su concepción materialista de la Historia, fundó una nueva religión, que, a nuestro juicio, constituye la tercera gran herejía con transcendencia política manifestada contra la Religión Cristiana.

La primera ha sido la de Mahoma; la segunda, la de Lutero, y la tercera, la de Marx.

Las tres se fundan en tres pecados capitales: la lujuria, la soberbia y la envidia o el resentimiento; y las tres anulan el principio del libre albedrío, base y fundamento de la libertad humana, con las teorías del fatalismo, la predestinación y la concepción del Estado ateo y totalitario; pero mientras aquellas concepciones del Estado absoluto no descendían a regulaciones de tipo económico, el marxismo tiene por finalidad especial, precisamente, la absorción por el Estado de la actividad económica individual.

Al objeto de esta ponencia, interesa destacar entre las finalidades marxistas en el orden económico:

Primero.—La socialización de los medios de producción.

Segundo.—La socialización de los medios de consumo.

Tercero.—La Dictadura del Proletariado.

Esto lleva aparejado la destrucción de la familia, la negación de la propiedad y la anulación de los derechos humanos. Todo ello para que al servicio de un Estado monstruoso, los hombres, en

una Comunidad ideal, vivan en una igualdad de condiciones económicas, dentro de ese paraíso artificial que se denominó «la «Comunidad Internacional del Proletariado».

Es perfectamente conocido que en la Internacional de Ginebra de 1866, algunos significados elementos que siguieron a Marx en ese período consideraron demasiado revolucionario su programa y consumaron la célebre disidencia capitaneada por Fernando Lasalle, fundando lo que se denominó Socialismo de Estado.

En el programa de Lasalle se propugnaba «la socialización de las empresas de servicio público y de las principales actividades económicas, desde el Poder, sin revolución, y con adecuadas indemnizaciones para los expropiados».

Ocurrió en este caso, lo que suele acontecer en situaciones análogas, y es que las gentes dominadas por «el pragmatismo imperante en los tiempos modernos», olvidaron la esencia de los fundamentos morales, jurídicos y filosóficos del socialismo de Estado, que eran los mismos que los del socialismo marxista y confiaron en la hipócrita suavidad de una táctica que permitía sestear a la burguesía dominante.

No es éste el momento de considerar el error fundamental de Bismarck, apoyando en 1878, al Partido Socialista Alemán, que para disfrazar todavía más sus fines, se denominó «socialismo de cátedra» y consiguió el apoyo y la divulgación desde las Universidades alemanas, tan prestigiadas por sus investigaciones científicas, de economistas de la categoría de Robertus, Adolfo Wagner, Schmoller y otros.

Y este Socialismo de Estado o de cátedra se ha ido infiltrando poco a poco a todos los países europeos y en gran parte de la legislación moderna.

Con la proclamación y divulgación de estos principios «totalitarios», apoyados por los teóricos del Socialismo, se han desarrollado los Partidos obreros mediante la organización del Proletariado en Partidos políticos, utilizando el arma terrible que representa el sufragio universal y también de acuerdo con la táctica preconizada por Marx en su Manifiesto comunista, se han introducido en los Gobiernos, constituyéndose en verdaderos caballos de Troya, en los Estados de casi todos los países, para llegar así al momento actual, en el que el Socialismo amenaza las verdaderas esencias de la Civilización.

Es curioso cotejar la realidad europea en 1878 (cuando Oppenheim, desde su cátedra de Economía, enunció los principios socialistas con carácter científico, los que después han sido desmentidos por la experiencia y la realidad históricas) con la del momento actual.

El día 28 de diciembre de 1878, el insigne León XIII, en su célebre Encíclica «Quod apostolice numeris», advirtió el peligro que para la Sociedad, los Poderes Públicos y la propia Civilización implicaban las reuniones periódicas de los directivos del Socialismo internacional y se lamentaba de la indiferencia, del escepticismo y hasta de la burla que estas reuniones merecían a los diferentes Gobiernos de todos los países de Europa.

Impresiona profundamente cotejar la situación de Europa en 1878, cuando el insigne Pontífice daba la voz de alarma y la triste realidad actual.

En efecto, INGLATERRA vivía los mejores tiempos de la época victoriana. Disraeli, dos años antes, había constituído el Imperio más vasto, después de Roma, coronando a la Reina Victoria Emperatriz de la India con ceremonias y festejos dignos de las leyendas orientales. La Escuadra inglesa se paseaba retadora por todos los mares y el Imperio inglés dominaba la Economía mundial, siendo Londres el puerto de más tráfico del Mundo y el centro de todas las monedas y productos universales.

En ALEMANIA, Bismarck, contemplaba orgulloso su obra. Guillermo I veía cómo le rendían homenaje todos los Reyes y Príncipes germánicos. Sus ejércitos, entonces invencibles, garantizaban este glorioso poderío, que se extendía también fuera de sus fronteras.

En AUSTRIA-HUNGRIA, el joven Emperador, Francisco José, completaba el Imperio casi milenario de los Habsburgos, con la anexión de Bosnia y Hertzegoviana, y extendía su influencia sobre los Balcanes, amenazando dar al traste con el Imperio Turco; lo que prácticamente consiguió años más tarde, invirtiendo así los acontecimientos de siglos anteriores, cuando el Islam se enseñoreaba en Budapest y amenazaba Viena.

En RUSIA, el Zar Alejandro III estaba a punto de realizar el testamento de Pedro *el Grande*, y había completado el dominio de los países bálticos y del mar Negro a costa de Turquía, y comenzaba su política de penetración en Asia, hoy en pleno triunfo.

En ITALIA se vivían los primeros años de la unidad italiana bajo la hegemonía de la Casa de Saboya.

EN FRANCIA se estrenaba la Tercera República, con Thiers y el Gobierno famoso de los Duques, presidido por el de Broglie, celebrando aquellas inolvidables Exposiciones internacionales de París en el más suntuoso marco de la burguesía.

En PORTUGAL, resueltos los problemas dinásticos, Luis I vivía los mejores días de la Casa de Braganza, y el país consolidaba su imperio colonial y su comercio exterior, con adecuados tratados militares y mercantiles.

ESPAÑA, tras el período turbulento de guerras civiles y conatos revolucionarios, promulgaba su primera Constitución y comenzaba el período áureo de la Restauración.

El IMPERIO CHINO gozaba asimismo de poderío, riqueza y prestigio, y mantenía en paz a esa muchedumbre invertebrada de pueblos que existían bajo sus fronteras.

El IMPERIO JAPONES iniciaba su colosal poderío industrial y militar y extendía su influencia, cada día mayor, por el continente asiático.

Y el IMPERIO TURCO dominaba una gran parte de Asia, llegando sus límites desde el mar Negro al Índico y desde el Mediterráneo al Golfo Pérsico.

Las naciones europeas tenían bajo su influencia a todo el resto de Asia y a las inmensidades de Africa y Oceanía. El oro circulaba libremente por todas las naciones y se vivían días de dorada y tranquila existencia y nadie advertía —a excepción de aquel anciano genial, apacible y meditativo que moraba en el Vaticano— los densos nubarrones que se iban formando al conjuro del potencial revolucionario de las doctrinas de Marx.

Al otro lado del Atlántico, Estados Unidos, liquidadas las guerras civiles, se completaba con la anexión de los Estados mejicanos del Oeste y emprendía su ruta de gran nación.

Lo mismo iba aconteciendo en sus respectivos países con las *Repúblicas Hispanoamericanas.* Aterra considerar cómo ha cambiado tan radicalmente este risueño y halagador panorama, en los setenta años transcurridos.

INGLATERRA ve liquidado su prestigio y su Imperio a pasos de gigante. No puede ni pensar en la hegemonía naval de su Escuadra, que ha mantenido durante tres siglos y medio. Su comercio exterior, cuyo saldo favorable le permitió atesorar la mayor riqueza hasta entonces conocida, se ha convertido en adverso, y mantiene su menguado nivel de vida gracias a las inyecciones del «Plan Marshall». El Gobierno socialista está no sólo arruinando al país y liquidando el Imperio, sino que también está destruyendo la esencia de la Nación inglesa, que era su espíritu individualista y liberal que culminó en la Escuela Manchesteriana, con toda grandeza, y los resultados obtenidos en la técnica, en la económica, en el comercio y en la civilización.

ALEMANIA.—Destruído el Imperio, aventadas las esencias de su nacionalidad, ve hoy invadida la mayor parte de su suelo por sus enemigos seculares, los cosacos asiáticos, cuyos caballos pueden abrevar en los sepulcros de los Caballeros Teutónicos.

AUSTRIA-HUNGRIA, partida en mil pedazos, convertida en pueblos rivales, en perpetuas luchas fratricidas, yace también bajo la invasión extranjera, enemiga de su fe y su civilización y de su Economía.

RUSIA.—Bajo el peso de la más terrible de las revoluciones históricas, soporta el monstruoso Estado totalitario asiático, que ha convertido al hombre en la categoría jurídica de la bestia y mantiene el régimen de terror más cruel y vengativo de la Historia, al propio tiempo que utiliza para su propaganda los procedimientos más viles, degradados y cínicos que se han conocido.

ITALIA.—Tras el período de su experimento totalitario fascista, ha visto derrotada su Monarquía y se mantiene en equilibrio, aunque inestable, gracias a la poderosa influencia moral del Vaticano y a la economía de Estados Unidos.

PORTUGAL Y ESPAÑA.—Han sufrido asimismo sendas revoluciones que han derrocado sus respectivas Monarquías y van logrando evolucionar hacia la normalidad bajo Gobiernos autoritarios.

El IMPERIO TURCO ha desaparecido, fundándose diversos países en perpetuas contiendas entre sí que amenazan de nuevo la paz mundial.

El IMPERIO CHINO, derrocado en 1910, está en estos momentos bajo la garra comunista, tras luchas y represalias feroces y con perspectivas verdaderamente siniestras.

El IMPERIO JAPONES, reducido a su territorio insular, se ha convertido, de hecho, en un protectorado norteamericano, a la vez que todo el mundo asiático se ha sublevado contra Europa.

En los propios PAISES AFRICANOS se perciben ya muestras de descontento y de rebeldía.

En casi todas las naciones HISPANOAMERICANAS subsisten también síntomas de perturbación y de rebeliones y constantemente se suceden golpes de Estado y revoluciones triunfantes o fracasadas en unas horas.

Sólo los ESTADOS UNIDOS, en este caos que domina al Mundo, mantiene su estabilidad política, social y económica, aunque son síntomas nada tranquilizadores para un inmediato porvenir.

Esta terrible realidad, someramente enunciada, muestra cuán grande fué el acierto intuitivo de León XIII y hasta dónde llegó la ineptitud de aquellos gobernantes que no acertaron a valorar debidamente el poder destructivo de las doctrinas marxistas.

A los cien años de haber propugnado Carlos Marx su siniestra teoría y a pesar del fracaso de la misma desde el punto de vista científico, puede sentirse satisfecho de haber logrado resultados decisivos en el camino de la revolución mundial y de la destrucción de la Civilización europea.

Estos antecedentes deben ser meditados al enjuiciar el problema de la intervención del Estado en la Economía, consecuencia directa, consciente o inconsciente, de las doctrinas marxistas o, si se quiere, de la atenuada aplicación de sus principios revolucionarios, por el denominado «Socialismo de Estado».

Por consiguiente, la intervención del Estado en la economía es una cuestión de principio, en la que no cabe *el más* o *el menos*, pues el problema radica en considerar si la actividad económica es peculiar de la actividad individual (Cristianismo) o si corresponde legítimamente al Estado (Socialismo).

Hace muy pocas semanas el actual Pontífice Pío XII —y adviértase la preferencia por estas citas pontificias con el fin de desvirtuar cualquier sospecha partidista— afirmaba en su discurso a las entidades económicas de Roma, que «la actividad económica del Estado no es de derecho natural», y resumía el principio desarrollado en su Encíclica *Sumi Pontificatus* del 20 de octubre de 1939, cuando escribía: «Si, en efecto, el Estado se atribuye y ordena las iniciativas privadas, una vez que éstas se gobiernan por normas internas, delicadas y complejas, que garantizan y aseguran la consecución del fin que les es propio, pueden recibir daño con desventaja para el bien público si se les arranca de su ambiente natural, es decir, de la actividad privada responsable.»

Estas conclusiones son las mismas a las que llegó el ilustre creador de las ciencias económicas Adan Smith, cuando promulgó su principio de «que la actividad económica corresponde al hombre y su afán de mejora es el más eficaz motor del progreso y la libre concurrencia es el sistema más útil para lograr el mejor nivel de vida de la mayor parte de la población».

A idénticas conclusiones llegaron cuantos economistas han investigado la esencia de los problemas económicos, desde Ricardo a Pareto, y la realidad ha demostrado cómo a mayor intervención del Estado se produce simultáneamente mayores perturbaciones de toda índole y baja incesantemente el nivel de vida de toda la población.

Como escribía el Profesor Pareto en su estudio crítico del «Capital», en 1922: «la economía política demuestra que el interés general y permanente de la Sociedad sólo puede estar asegurado por la competencia; que todo obstáculo que se le ponga es un mal; que socialización es sinónimo de *destrucción de riqueza*; «que, en fin, la mayor parte de los males observados en nuestra Sociedad proviene, como dice el Profesor Todee, «no de un efecto de libertad, sino todo lo contrario, de la ausencia de toda libertad necesaria».

Todos los hechos que comentamos, conducen a esta conclusión y cada nuevo hecho, lo confirma. Que se viole esa libertad en nombre del socialismo de Estado o en nombre del Socialismo popular, el efecto es siempre el mismo. Una destrucción de riqueza que, en definitiva, recae sobre la parte más pobre, y, por consecuencia, más numerosa de la población y agrava sus sufrimientos.

Y no se arguya que han variado las circunstancial actualmente

y que, por consiguiente, la realidad justifica una intervención estatal. Antes al contrario, propugnamos como el Profesor Pareto, que sólo con un incremento de libertad económica podrían atenuarse las dificultades que actuálmente padecemos.

Por otra parte, *esto* que se llama «nuevo orden» tiene su primer antecedente conocido en el *Decreto de Precios y Tasas*, de Diocleciano, a comienzos del siglo VI, cuyas consecuencias no pudieron ser más desastrosas: en siglo y medio destruyeron la más colosal organización política de la Historia: el IMPERIO ROMANO.

No cabe en estas líneas examinar y detallar las características y consecuencias del famoso Edicto de las Tasas de Diocleciano; pero a través de las modernas investigaciones de Mommsen y de Homo, expuestas en su célebre trabajo *La lección de Roma*, se deduce la enorme perturbación que se produjo en la organización política y social del Imperio y la corrupción administrativa a que dió lugar, que no pudo ser cortada a pesar de la enérgica proclama de Constantino, en la que castigaba con las penas más severas, incluída la de muerte, ceguera, corte de manos, etc., a los funcionarios que incurrían en cohecho, venalidad o cualquier otro abuso semejante.

La más fatal de las consecuencias fué el derrocamiento de la producción agrícola, que, como es sabido, había alcanzado el máximo esplendor bajo el desarrollo de la «Enfiteusis», Institución jurídica que se hundió por los efectos que en el valor de la producción produjo la tasa arbitraria y abusiva de los productos agrícolas y de las contribuciones.

Por eso ha podido escribir el insigne Mommsen, que la decadencia de Roma fué producida por la decadencia de la «Enfiteusis».

Sobre las ruinas del Imperio Romano surgió la organización medieval al conjuro de los principios del Cristianismo, en relación con los derechos de la personalidad humana, y poco a poco fué apareciendo la organización económica de artesanía, maestros y aprendices, al mismo tiempo que la burguesía cimentaba en el comercio su creciente fuerza económica, para culminar en la fundación de ciudades de burgueses libres, lo mismo en el Báltico que en las Repúblicas italianas, rigiéndose exclusivamente este comercio, factor decisivo en la Civilización, por la libre concurrencia y la iniciativa de los empresarios, que, naturalmente, asumían todos los riesgos y todas las garantías.

Como símbolo y justificación de este sistema, basta considerar el caso de los Médicis, que constituyeron en Florencia uno de los focos de cultura y de arte más extraordinarios de toda la Historia.

La creación de los Estados modernos, a fines del siglo XV y principios del XVI, no representó obstáculo alguno para la libre iniciativa individual, en materia económica, llegando así al siglo XVIII, en cuya segunda mitad, Adan Smith, sistematizó el estudio de la Economía política, recopilando cuantos principios y estudios se habían divulgado hasta aquella fecha, fundando, por así decirlo, las Ciencias económicas.

Conocidos son sus principios, que basan el bien común en la libertad de las actividades económicas y en la libre concurrencia, tanto en los mercados interiores como en los exteriores.

Su influencia en Inglaterra —donde al conjuro de sus principios se creó el mayor poderío que han visto todos los siglos, después del Imperio Romano— constituye otra prueba más de la realidad física de esos principios.

En cambio, el sistema mercantilista que proclamaba la intervención del Estado en materia económica y las tasas de productos y beneficios, suponen un antecedente indispensable para justificar el trágico estallido de la revolución francesa, que tantos estragos ha causado y sigue causando en una gran parte del mundo civilizado.

Y como última consecuencia de la tendencia interventora del Estado surgió, como hemos dicho, en 1848, la teoría marxista; y veinte años más tarde, sus derivados, Socialismo de Estado y de Cátedra.

Hemos considerado indispensable, a los fines de nuestra tesis, el exponer estas ligeras consideraciones para justificar las conclusiones a que vamos a llegar.

De cuanto antecede, se deriva que el Cristianismo ha proclamado en todos los tiempos los derechos de la personalidad humana anteriores y superiores al Estado, y, por tanto, ha considerado de derecho natural la libertad económica, como correspondiente a la actividad privada, considerándolo, además, lo más eficaz para el servicio del bien común, y asimismo se ha demostrado que han sido los regímenes absolutos paganos quienes han negado este derecho del hombre a la actividad económica y han ido estableciendo una red de sucesivas intervenciones estatales —en lo que más tarde fueron secundados por el marxismo, cuyos fundamentos filosóficos son el materialismo ateo—, aplicando tasas, creando inspecciones, estatificando empresas de carácter público y privado (aunque sea con indemnización) y destruyendo la libertad de comercio exterior, de la moneda, etc., tal y como lo vemos en los tiempos presentes, en una gran parte del Occidente europeo.

Queda asimismo por considerar la incompatibilidad radical existente entre la propia libertad humana y las teorías socialistas más o menos atenuadas, y esto no sólo en cuanto niegan o al menos disminuyen la libre iniciativa privada en materia económica, sino que esa negación afecta esencialmente a la existencia de la persona, de la familia y de la propiedad, otro de los derechos proclamados por el Cristianismo.

Este tema ha sido insuperablemente tratado por el profesor Hayek, de la Universidad de Londres, en su conocido libro *Camino de servidumbre*, en el que demuestra la incompatibilidad existente entre el Estado socialista y la libertad personal.

Es claro que las formidables perturbaciones que se han producido como consecuencia de las catastróficas guerras padecidas en lo que va de siglo, exigen intervenciones del Estado para la defensa de la Economía Nacional, incompatibles con la aplicación estricta de los principios del liberalismo económico.

Nadie puede negar como misión fundamental de los Estados modernos proteger el Comercio exterior y las balanzas de pagos de las respectivas naciones, mediante tratados de comercio adecuados, aranceles y subvenciones en determinados casos y conciertos monetarios.

Tampoco cabe discutir como misión fundamental del Estado moderno la de armonizar, coordinar, impulsar y estimular aquellas actividades económicas que sean exigidas por necesidades nacionales o resulten convenientes para el bienestar general, y asimismo el Estado no puede prescindir de una política adecua-

da de tasas para aquellos productos de primera necesidad, que por su escasez pudiesen determinar irregularidades en la distribución de los mismos, con perjuicio de las clases sociales más débiles desde el punto de vista económico.

Y, por último, el Estado tiene la misión fundamental de procurar el más equitativo reparto posible de la renta nacional, a cuyo efecto, y a través de los impuestos, puede y debe actuar para conseguir la mayor y más justa distribución de la riqueza, entre las diferentes clases de bienes. Pero todo esto sin afectar a la esencia de la producción, ni a su mecanismo, que ha de rotar libre al impulso de la iniciativa privada, ya que una cosa es respetar la libertad de producción y otra actuar en la distribución de los beneficios de las actividades económicas naturales.

Por fundamentos filosóficos, por consideraciones jurídicas y por imperativo de la experiencia histórica, entendemos que el mayor bienestar, de la mayor parte de la población, dependerá el grado de libertad en que se deje la actividad económica a la iniciativa individual. Que la intervención del Estado debe reducirse —como antes señalamos— a garantizar aquellas condiciones necesarias para que la producción, distribución y circulación de los productos económicos se realice al servicio del bien común.

Por cuanto antecede, formulamos la siguiente propuesta:

Primero. Proclamar que la actividad económica es patrimonio de la iniciativa privada.

Segundo. Que la actividad económica del Estado no es de derecho natural, según el Derecho Cristiano.

Tercero. Que debe evolucionarse en el sentido de disminuir primero y anular en cuanto sea posible, después, todas las intervenciones estatales que perturban, dificultan y encarecen y reducen las producciones económicas de la Nación.

Cuarto. Que mientras existan las actuales circunstancias, el Estado debe limitarse a señalar tasas a los productos de primera necesidad hasta que puedan abastecerse los mercados en forma que se restablezca la normalidad en el mecanismo de los precios, con el adecuado equilibrio entre la oferta y la demanda.

Quinto. El Estado debe ir evolucionando hasta facultar la libertad del Comercio exterior al límite posible en grado máximo, y mientras a ello se llega, favorecer las exportaciones y limitar las importaciones, mediante aplicación de oportunos aranceles y a base de fijar el valor que corresponda a la moneda, lo que permitiría automáticamente restablecer el equilibrio de nuestra balanza de pagos, como ocurría hasta el año 1936.

Sexto. Que el sistema de imposición —sin salirse de las normas clásicas españolas, ya que la naturaleza de nuestra producción económica permanece invariable— se adapte a las necesidades presentes, reduciendo cuanto sea posible los gastos públicos y de burocracia estatal, y logrando, mediante el desarrollo y perfección de los impuestos directos, la distribución más justa de los beneficios nacionales; y

Séptimo. Desarrollar la política de seguros sociales dentro de las posibilidades de la economía nacional, como garantía de las clases sociales más débiles económicamente, pero con la condición inexcusable de que las cuotas a pagar sean las que estricta y matemáticamente correspondan a las anualidades a satisfacer y riesgos posibles.

Equidistantes estas conclusiones del puro liberalismo económico y del socialismo interventor del Estado en materia económica, entiende el que suscribe que su aplicación práctica favorecería enormemente la producción nacional y con ello la riqueza y el bienestar del mayor número de población posible.

Advierte, claro es, que las corrientes dominantes no sólo en España, sino en gran parte de los países europeos, no coinciden con estas apreciaciones; pero ha considerado un deber aportar sus modestos conocimientos y su experiencia a la ponencia correspondiente del Congreso Nacional de Ingeniería, por si los demás compañeros, con mayor acierto y mejores conocimientos, entienden que puede ser de alguna utilidad tan modesta aportación, que únicamente se formula con el deseo de coadyuvar —siquiera sea en mínima parte— al estudio del transcendental tema sometido a nuestra meditación.

Madrid, enero de 1950.

Después de leídos los resúmenes de los trabajos 23 y 302 que preceden, se levanta la sesión a las dos de la tarde.

GRUPO X
SECCIÓN 1.ª

ACTA DE LA SESIÓN CELEBRADA EL DÍA 31 DE MAYO DE 1950
(Continuación.)

Como continuación de la sesión celebrada el día 29 de mayo, y bajo la presidencia accidental de D. Manuel Querejeta Goena, Ingeniero de Minas, y con el Secretario, Sr. Hurtado de Villaurrutia, se celebra esta reunión de Sección, que tiene como fin primordial estudiar y debatir la Ponencia elaborada por miembros del Instituto de Iugenieros Civiles, que lleva el título "Las intervenciones estatales en la producción y destino. Sus límites". Los miembros que intervinieron en la elaboración de esta Ponencia, son los siguientes:

PRESIDENTE: D. Octavio Elorrieta y Artaza, Ingeniero de Minas.
SECRETARIO: D. Antonio Arregui Mendía, Ingeniero Industrial.
VOCALES: D. Carlos Abollado Aribau, Ingeniero Industrial.
D. Juan Antonio Bravo Díaz Cañedo, Ingeniero Industrial.
D. Eusebio Alonso Moreno, Ingeniero Agrónomo.
D. Francisco Corral Acero, Ingeniero Agrónomo.
D. Manuel Herrero de Egaña, Ingeniero Agrónomo.
D. José M.ª Aguirre Gonzalo, Ingeniero de Caminos.
D. Francisco Fernández Conde, Ingeniero de Caminos.
D. Federico Reparaz Linazasoro, Ingeniero de Caminos.
D. José Luis Escario Núñez del Pino, Ingeniero de Caminos.
D. Luis Malo de Molina, Ingeniero de Minas.
D. Domingo González Regueral, Ingeniero de Minas.
D. Emilio González Llana, Ingeniero de Minas.
D. Nicolás Franco Bahamonde, Ingeniero Naval.
D. Ignacio Díaz de Espada, Ingeniero Naval.

Abierta la sesión a las cuatro de la tarde, la presidencia concede la palabra al Sr. González Llana, quien dice:

Me parece ocioso encarecer la importancia y delicadeza del tema que se somete a esta Sección. Al aceptar el encargo de leer estas conclusiones, me permitiréis que diga algunas palabras para explicar claramente su alcance. Las propuestas de un Congreso de Ingeniería no pueden mantenerse dentro de los límites de lo doctrinal y de lo abstracto, sino que hay que adentrarse en el terreno de las realidades nacionales.

Estamos aquí porque se nos requirió para que hiciéramos un trabajo como base de discusión. Es conveniente que la Ponencia no tenga más que ese alcance, porque así podréis intervenir con vuestro mejor asesoramiento, y entre todos realizar labor eficaz. Es criterio de transacción el que inspira las conclusiones que van a examinarse, redactadas con la preocupación de ser insuficientes para la tarea: pero en todo este trabajo nos hemos mantenido igualmente equidistantes de la censura y protesta sistemática y de la adulación. Las conclusiones elaboradas por la Ponencia son a modo de sugerencias que se someten a la consideración de los reunidos en esta Sección, dicen así:

Las intervenciones estatales en la producción y destino

1.º Los medios clásicos que el Estado tiene en su mano para ordenar y guiar la economía de un país, sin necesidad de intervenir en la vida propia de las empresas, son de eficacia suficiente para lograr el fin perseguido, y aun estos medios tradicionales han de emplearse con la máxima prudencia y un sentido claro del alcance de sus efectos.

INTERVENCIONES INDIRECTAS

POLÍTICA FISCAL Y PRESUPUESTARIA.

2.º El impuesto no es exclusivamente un medio que el Estado tiene para obtener recursos; repercute también en la regulación y guía de la producción.

3.º La política fiscal ha de ser flexible y ajustada a las coyunturas de la economía nacional.

4.º El impuesto, como medio de obtener recursos, tenderá, en lo posible, a gravar el «excedente económico», sin afectar al «precio oferta».

5.º El impuesto debe gravar el beneficio, no los ingresos; por ello es deseable que se vaya evolucionando hacia el impuesto sobre aquél.

6.º Dentro de una política fiscal reguladora de la actividad económica, es aceptable, en casos excepcionales, la desgravación y aún el auxilio a una cierta rama de la producción.

7.º Los gastos e ingresos permanentes del Estado se deben cifrar en un presupuesto ordinario, que en su proyecto y liquidación ha de estar nivelado.

8.º Cuando el Estado trate de realizar obras especialmente determinadas, de fomento de la riqueza de la Nación, o bien en coyunturas excepcionales de la economía, puede ser preciso que el total de inversiones excedan del que permitan los ingresos normales; esta necesidad deberá ser cubierta por un presupuesto extraordinario que no exceda de una fracción prudencial del ahorro nacional.

9.º El Estado debe reducir a un mínimo la creación de organismos permanentes, con el fin de evitar la creación de una burocracia improductiva, que carga pesadamente sobre su presupuesto de gastos y resta elementos de producción a la economía de la Nación.

10. El Estado ha de favorecer el fomento del ahorro nacional por medio de los fondos de reserva y amortización de las empresas, garantía de su progreso y estabilidad.

POLÍTICA CREDITICIA.

11. La política crediticia ejerce fuerte acción reguladora en la economía nacional; por ello, debe ser variable, aunque no bruscamente con las circunstancias del momento.

12. La política crediticia debe ir orientada a lograr que las oscilaciones de la renta nacional no resulten perjudiciales para el desarrollo económico o industrial de la Nación.

13. La política de dar amplitud de crédito a un tipo de interés más bajo que el normal, para favorecer el desarrollo de una rama determinada de la producción, no debe aplicarse más que en casos excepcionales y con conciencia plena de los efectos que puede producir. De no hacerlo con el máximo de garantías, se puede desviar de la actividad general una masa importante de dinero, así como de material y mano de obra, con grave perjuicio para la economía.

POLÍTICA MONETARIA.

14. El cambio de la divisa nacional debe corresponder, a ser posible, a su poder adquisitivo interno, para no trastornar los mercados de importación.

15. Debe tenderse a suprimir la diversidad de cambios, y, si por las circunstancias no fuese posible, han de acordarse con las máximas garantías y asesoramientos.

POLÍTICA DE OBRAS PÚBLICAS.

16. Deben incluirse dentro de esta denominación y regirse con un solo criterio todas las obras que el Estado y los particulares, por concesión de aquél, realizan para servir un fin público.

17. Es preciso que exista un plan ordenado de Obras Públicas que permita concentrar las disponibilidades económicas de materiales y mano de obra en aquéllas que, aislada o conjuntamente, pueden ser rentables. Mientras queden por realizar obras de este tipo, deben reducirse a un mínimo las más o menos suntuarias.

18. Es económicamente inconveniente que, por falta de plan y un criterio de conjunto, las obras tarden en realizarse mucho más de lo que técnicamente es posible, con pérdida de los intereses intercalarios del dinero y una paralización relativa de los medios de producción.

19. El criterio impuesto por la condición anterior obliga a

que se empiecen solamente las obras que, por posibilidades de numerario, mano de obra y materiales, pueden terminarse dentro del mínimo plazo que técnica y económicamente las corresponda.

20. La política de obras públicas, especialmente por lo que se refiere a obras suntuarias, debe ser tal, que interfiera lo menos posible en la iniciativa particular, por exceso de demanda de materiales o mano de obra; debe, según las coyunturas económicas, actuar a modo de volante regulador de la economía nacional.

21. En obras directamente rentables por medio de tasas, es económicamente aconsejable para su construcción y explotación un régimen de cierta autonomía, que asegure y ponga de manifiesto la eficacia de su gestión; ello, sin perjuicio de sujeción rigurosa, en sus ingresos y gastos, a las leyes generales, y, especialmente, a la de presupuestos o intervención del Estado en su contabilidad.

POLÍTICA SOCIAL.

22. La intervención del Estado en lo social debe ir encaminada a fijar unas condiciones mínimas de remuneración para el productor y a vigilar su cumplimiento.

Sobre estas condiciones mínimas, podrán libremente, el patrono o el productor, fijar las remuneraciones que estimen convenientes.

23. La readmisión forzosa podrá ser conmutada, a voluntad del patrono, por la indemnización que, en cada caso, la ley señale.

INTERVENCIÓN DIRECTA DEL ESTADO EN LAS INDUSTRIAS

24. La intervención del Estado, en la distribución de materias primas, fijación de precios y distribución de productos, es ineficaz, porque no ataca ni resuelve las causas que la motivan. Solamente es admisible en contados casos, por período de tiempo limitado y con finalidades concretas.

25. La intervención del Estado en el proceso de la distribución debe limitarse a acción legislativa de orden general e inspección comprobatoria del cumplimiento de lo establecido.

26. El establecimiento de industrias por el Estado, aparte de las que se refieran a la defensa nacional, debe orientarse a estimular, y, en último extremo, a suplir las deficiencias de la iniciativa privada, cuando así lo exija el alto interés nacional.

27. Las medidas que afecten a la producción en cualquiera de sus aspectos, no se deberán poner en vigor sin un período previo de información pública. Solamente cabrá prescindir en el orden público o la seguridad exterior de este trámite, cuando la disposición pudiera influir en ellos.

El Presidente abre discusión sobre la totalidad, y como ningún congresista pidió la palabra, se procedió a la discusión de cada uno de los apartados de la Ponencia.

Leído el primero por el Sr. Secretario, interviene el Sr. Fernández Salaverri, quien dice que en la primera conclusión se omite la intevención del Estado en el nacimiento de las empresas, y pide que ello se amplíe en el sentido de reducir la prohibición del Estado en la implantación de nuevas industrias.

El Sr. Rodríguez Pomatta, pregunta qué se ha querido decir con la expresión "vida propia de las empresas". Los Ingenieros, dice, se han expresado, en general, en sentido de que se acentúe la tendencia liberal en el funcionamiento de las empresas, sin olvidar las necesidades propias de las coyunturas.

El Sr. González Llana interviene diciendo que en tal conclusión se ha querido recoger aquello a que se puede aspirar por el momento como mal menor, y pudiera llegarse a decir que el Estado, sin necesidad de intervenir de modo forzoso en la creación y vida propia de las empresas, ejerciera su actividad, creo que es decir hasta dónde podemos llegar marcando una inspiración: la de que a la industria se la deje autorregularizarse

El Sr. Secretario lee la segunda conclusión. Manifiesta el Sr. Pomatta que puede omitirse por ser principio hacendístico clásico, a lo que el Sr. González Llana manifiesta que, aunque está conforme con el parecer del Sr. Rodríguez Pomatta, la conclusión tiene el doble carácter de principio fundamental y el de recuerdo para su cumplimiento, que puede olvidarse.

El Sr. Rodríguez Pomatta dice que podría modificarse la conclusión para que no pareciese declaratoria, poniendo alguna palabra que sirviera para recordar lo que se desee; por ejemplo: "el impuesto, como es sabido... etc.".

Se acepta la sugestión.

Leído el apartado 3.º de la Ponencia, sobre él interviene el Sr. Lapuente, para decir que en ello se basa precisamente la Reforma Tributaria de 1940 y todas las posteriores.

Lo aclara el Sr. González Llana, diciendo que es precisamente para advertir que esta política fiscal ha de atender a coyunturas de momento.

El Sr. Lapuente pregunta por qué no nos referimos a la interpretación, que es confusa en la conclusión.

El Sr. Rodríguez Pomatta: No creo que sea confusa esta conclusión. Es, más bien, un antecedente recordatorio. Precisamente por esto, debemos fijarnos bien en si debe ir como conclusión o aparte. Creo que, tanto la anterior como ésta, y quizá alguna de las conclusiones posteriores, pudieran ir separadas, sin llamárseles conclusiones, sino antecedentes o principios generales aceptados para fijar las conclusiones.

El Sr. González Llana: Hemos querido hacer más un recordatorio que una definición. Tienen razón en decir que, más que definiciones, son el recuerdo de cosas olvidadas. Se puede hacer diferenciación, pero conviene que conste.

El Sr. Secretario: Conviene que figuren desglosadas del resto del trabajo.

El Sr. González Llana: Poner: la Sección, inspirándose en tales principios, acordó las conclusiones que siguen.

Leído el punto cuarto dijo:

El Sr. Rodríguez Pomatta: Para pedir aclaración sobre el precio oferta.

El Sr. González Llana: Precio oferta es el que representa el sostenimiento mínimo del negocio. Al impuesto que grava el producto bruto, es al que hay que combatir enérgicamente.

El Sr. Rodríguez Pomatta: Yo rogaría se substituyese la expresión "precio oferta" por otra más clara; por ejemplo, "producto bruto".

El Sr. Lapuente: La industria se grava fundamentalmente por el impuesto de utilidades, en sus tres tarifas.

El Sr. González Llana: No hemos querido comparar ingresos por tarifa tercera con ingresos indirectos. Estamos combatiendo el que se produzca una exacción sobre una pérdida, y eso lo niega rotundamente la ley de utilidades. Hemos querido combatir que se grave el producto bruto sin distinguir si hay beneficio o pérdida, al menos, como aspiración.

El Sr. Presidente: Se puede variar la expresión "precio oferta" por la de "producto bruto". (Asentimiento.)

El Sr. Lapuente: En la actual coyuntura económica nacional los impuestos indirectos son absolutamente indispensables. Esto podría redactarse como lejana aspiración.

El Sr. Secretario: Ya dice la conclusión que se tenderá en lo posible. El colapso originado es porque el Estado necesita dinero. Grava con impuestos, y éstos recaen sistemáticamente sobre el que opera dentro de la ley, pero no sobre la gran masa inflacionista que se desliza fuera de ella.

El Sr. Lapuente: ¿Es que a los que están fuera de la ley los gravan los impuestos indirectos?

El Sr. Hurtado: Ninguno.

El Sr. Rodríguez Pomatta: Conforme con las manifestaciones del Sr. Hurtado.

El Sr. Lapuente: Insisto en la eficacia del sistema de contribuciones indirectas.

El Sr. Mantilla: En el impuesto directo hay mucha ocultación. Ésta es la razón para que no se supriman los indirectos.

El Sr. Presidente: Entonces, en vez de "precios oferta", se podría terminar la conclusión diciendo: "sin afectar al producto bruto". Asentimiento. Así se acuerda.

Se leyeron y aprobaron sin discusión los puntos 5.º y 6.º.

Leído el 7.º, dijo:

El Sr. Rodríguez Pomatta: Esta declaración va en contra de los principios de la teoría económica pura.

El Sr. Hurtado: Presupone que va existir un presupuesto extraordinario. Nos parece que el extraordinario debe estar englobado en el ordinario.

El Sr. Rodríguez Pomatta: Aprobada otra Ponencia en que se declara la no peligrosidad del déficit del presupuesto, conviene se pongan de acuerdo las dos aclaraciones.

El Sr. González Llana: Como es obligatorio tratar el tema en esta Sección, creo se pueda acordar que se omitan las dos conclusiones relativas a presupuestos, y que queden suprimidos los números 7.º y 8.º. Así se acordó.

Se leyeron y aprobaron las conclusiones 9.ª, 10.ª y 11.ª.

Leída la 12.ª, dijo:

El Sr. Rodríguez Pomatta: Más bien debería decir: "los incrementos de la renta nacional", lo cual es aceptado por la Presidencia y aprobado por la Sección, así como la 13.ª, tras una breve intervención del Sr. Fernández Salaverri.

Leída la 14.ª (Política monetaria), dijo:

El Sr. Rodríguez Pomatta: Con las palabras "a ser posible", podemos tranquilizarnos. Puede quedar así.

Leída la 15ª, dijo:

El Sr. Rodríguez Pomatta: Estoy de acuerdo con la primera parte, pero no con la segunda. Esto de "la diversidad de cambios", es una cosa que ha sido comentada por todos los técnicos en materia de economía.

El Sr. Cantos: Creo que es el momento de decir concretamente que la político de divisas, la política de cambios, debe tender a hacer posible, entre otras cosas, la exportación de la totalidad de los volúmenes exportables para obtener la única fuente de divisas permanente que, hoy por hoy, nos es dado obtener.

El Sr. González Llana: Quizá eso podría encajar, incluso en el apartado anterior. Debo hacer presente que la exportación no se refiere a productos suntuarios solamente, sino a otros de primerísima necesidad.

El Sr. Cantos: Respecto a la exportación, cabe realizar un esfuerzo mayor del que hemos hecho. En algunos países, como Holanda, que he visitado, se llegaba a exportar algunos productos —huevos y queso, por ejemplo—, a cuyo racionamiento estaba sujeta la población.

El Sr. Rodríguez Pomatta: Definir ampliamente una política monetaria no es posible, y, además, no está a nuestro alcance. La política monetaria, ¿ha de recurrir únicamente al resorte de que dispone? ¿Cabe olvidar que España estaba en la balanza invisible? ¿Por qué no se regula todo esto dentro de una política monetaria total?

El Sr. De Buen: La última parte de este punto 15 podría redactarse de diferente manera. En general, se ha sostenido que este sistema de diversidad de cambios se establecía como base fundamental para regular las exportaciones e importaciones. El párrafo que comienza "y si, por las circunstancias, no fuese posible, etc.", debiera substituirse por otro que diga: "con las garantías de asesoramiento por otros sistemas que pudiera favorecer aquello que con la diversidad de cambios se trata de establecer. Esto lo pongo como manera de coordinar.

El Sr. González Llana: En ese punto nos habíamos puesto todos de acuerdo. El Gobierno siempre tiene en sus manos aquellos medios de que dispone para suprimir esa diversidad. Por eso hablamos de la tendencia a suprimir la diversidad de cambios, sin ahondar más. Es una fórmula transaccional.

El Sr. Orvaneja: Si se hace un apartado sobre política monetaria podría decirse que debía estar encaminada a favorecer el movimiento de ampliación industrial o mejoramiento económico del país, tanto en lo referente a movimiento interior de moneda como en su relación con la extranjera. Y nada más.

El Sr. Fernández (D. Florentino): Esta mañana ha quedado sin contestar una pregunta formulada por el Sr. Canales, en que pedía opinión sobre la conveniencia de aceptación de créditos extranjeros, siempre que no atenten a la soberanía nacional. En este sentido, ruego a la Ponencia que, además de lo relativo a los cambios, se expresa la opinión del Congreso de Ingeniería acerca de estos aspectos. Como españoles, siempre estamos en condiciones de aceptar esos créditos para dedicarlos a obras de verdadera productividad. España siempre estuvo en buena disposición para cumplir sus compromisos. Por consiguiente, entiendo que debe ser sometido a discusión si esta política tendente a lograr divisas es o no aceptada por el Congreso.

El Sr. R. Pomatta: A mi juicio, es sumamente ostentoso que en este epígrafe de "Política monetaria", figuren solamente dos breves declaraciones. Resultaría más aceptable refundir este epígrafe de Política monetaria con el de Política crediticia.

El Sr. González Llana: No podemos recoger eso, porque no entra en el tema exacto de intervención del Estado en la industria. En cuanto a que nos den dinero, si nos lo dan, lo aceptaremos.

El Sr. Presidente: Se van a redactar los apartados 14 y 15 y se agregará el epígrafe de "Política monetaria" al de "Política crediticia".

El Sr. Secretario: En el 14 no se agrega nada y en el 15 se suprime desde donde dice: "Si por las circunstancias no fuese posible..."

El punto 10 (Política fiscal) dirá: El Estado ha de favorecer el ahorro nacional por medio de los fondos de reserva.

Leído el apartado 16 (Política de O. Públicas), dijo el Sr. Rodríguez Pomatta: A mi juicio, estos principios definidores deberían anteceder a todas las conclusiones.

El Sr. Escario: Lo relativo a la política de construcción y de obras públicas, si se lleva bien, es trascendental. Es preciso llegar a un criterio de unidad.

El Sr. Rodríguez Pomatta: Conforme, pero se podría refundir con el 17. El punto 16, en sí mismo, no es tal conclusión, sino una especie de recomendación.

Leído el 17, dijo:

El Sr. Rodríguez Pomatta: Me parece bien, pero poniendo un "por tanto", antes de "mientras que queden por realizar obras de este tipo, etc".

El Sr. De Buen: Sería conveniente referirse no solamente a mano de obra, sino a períodos.

El Sr. Escario: Dentro de esa política de obras públicas, en las de carácter rentable se debe actuar con mucha precaución. Hay obras suntuarias que sirven como volante regulador de la Economía nacional. Debe tenerse en cuenta que hay muchas obras de carácter rentable, a cargo del Estado, que se empiezan y no acaban nunca. Por eso, la Ponencia quería recalcar este punto, por estimarlo muy interesante.

El Sr. Rodríguez Pomatta: Es preciso que exista ese plan ordenador de obras públicas y concentrar los esfuerzos dentro de períodos de disponibilidad económica. Si decimos que la concentración se operará sobre obras rentables, creo que la cosa no quedará suficientemente clara. Hay que tender siempre a producir el máximo efecto multiplicador sobre el aumento de la renta nacional.

Leído el apartado 18, dijo:

El Sr. Vighi: A mi juicio, se ha olvidado que el ritmo de las obras y sus gastos no sólo se regulan por necesidades económicas. Debe tenerse en cuenta la duración de las obras.

El Sr. Escario: En España no debía existir paro, si las obras rentables se pudiesen acometer como es debido. Tengamos presente que la realización de las obras no sólo dependen de las disponibilidades de numerario, sino de las de materiales. Por ello, es fundamental este plan. Si en España se hiciesen bien estas cosas, hay ancho campo para actuar, sin temor al paro, siempre que las obras se lleven a efecto con actividad para recoger pronto los frutos y que no pesen aquéllas gravemente sobre el Presupuesto de la Nación.

El Sr. Vighi: El Estado tiene que emprender obras para evitar que haya paro, y debe intensificar algunas para ocupar la mano de obra. Claro es, mejor sería que no hubiese paro.

El Sr. Orvaneja: Si se ejecutan obras, se absorbe el paro. Para eso es necesario aumentar la circulación monetaria. Cuando no se puede aumentar la producción, por aumento de circulación monetaria —porque se halla la industria en exceso de producción— puede suceder que haya inflación.

El Sr. Secretario: Creo que lo dicho por el Sr. Rodríguez Pomatta, respecto a producir el máximo efecto multiplicador en la renta nacional, en cierto modo está comprendido en las manifestaciones hechas por el Sr. Vighi, acerca del paro.

El Sr. Rodríguez Pomatta: Al concretar un Plan nacional de obras públicas exclusivamente, es necesario efectuar una gradación de las inversiones. Acumulando las inversiones en un período breve, es posible realizar los trabajos por disponerse de útiles y nos encontraremos con que el facto multiplicador será extraordinario. Habrá obras no comenzadas, pero después de hechos los oportunos estudios se verá que son más convenientes que otras aprobadas y no iniciadas. Después habrá una serie de trabajos, cuyo comienzo podrá diferirse hasta ese momento en que se produzca el paro, como ha dicho el Sr. Vighi. El paro se produce con carácter estacional, pero no definitivo, en grandes masas obreras de población. En las grandes ciudades se inicia un paro en determinadas actividades. El paro grave es el que se produce con carácter estacional, y se remedia acudiendo a inversiones de tipo extraordinario. Por eso ocurre el hecho de que se lleve a cabo con anterioridad un camino o carretera de menos importancia que otros. Es decir, siempre existe el capítulo de inversiones que quedan sin efectuar en su iniciación hasta que sea conveniente aplicarlo por efecto del paro estacional o definitivo.

Leído el apartado 19, dijo:

El Sr. Rodríguez Pomatta: Se ha omitido lo más fundamental, el maquinismo, el capítulo de la mecanización de los trabajos para determinado tipo de obras.

Ignoro si en otras Ponencias se habrá tocado esta cuestión. A mi entender, el Estado no ha hecho nada y continúa con la misma legislación y los mismos medios de que disponía en el siglo pasado, y no ha previsto lo que hacen otros países de la Europa Occidental: comprar máquinas y ponerlas a disposición de los contratistas. Éste es un interesante aspecto, pues de él puede derivarse que obras públicas de importancia pueden realizarse en breve plazo de tiempo.

El Sr. Escario: La Ponencia no ha querido olvidar la maquinaria. Estoy de acuerdo en que se ponga de manera concreta. Esto sale del tema de la Ponencia.

El Sr. Rodríguez Pomatta: Cae dentro de ella, porque es la intervención del Estado en la industria. Solicito que el Estado intervenga comprando maquinaria. Podría señalarse que, en algunos casos, el Estado aportarse maquinaria, con el fin de acortar el plazo de duración de la obra.

El Sr. Soler: Y que sean aplazadas las obras hasta que haya posibilidad de adquirir la maquinaria.

Un Sr. Congresista: Sería conveniente evitar la atomización de estas Conclusiones y concretar la necesidad de un Plan de obras públicas, englobando estas cuestiones en una sola Conclusión.

El Sr. Hermosilla: Podría llegarse a fundamentar la necesidad de un Plan, y dentro de él, como forma de concretar sus directrices, poner unas orientaciones. Esto entraría más por los ojos de quienes lo leyeran. El Plan de obras públicas está en relación con la corrección de la coyuntura y romper los estrangulamientos que operan sobre la economía. Cabría considerar el Plan general de Repoblación forestal o de industrialización. A esto habría que darle mayor amplitud.

El Sr. Escario: He hecho hincapié en suprimir lo que se entiende por obra realizada por el actual Ministerio de Obras Públicas.

El Sr. Hermosilla: Las sugestiones del Sr. Pomatta podrían resumirse en una Conclusión general que revelase al Gobierno la importancia de un Plan nacional de obras públicas en estos términos, con las finalidades que debe tener y con la precisa gradación.

El Sr. Rodríguez Pomatta: Las obras de importancia, en su mayoría, no se realizan hoy al ritmo que el Estado requiere. De lo que se trata es de que esas obras de necesidad nacional, que figuran en primer rango, entre las del Ministerio de Obras Públicas, obtengan los equipos de maquinaria precisos, y que, cuando se trate de obras extraordinariamente mecanizadas, como muchas de las de dicho Ministerio, se recurra entonces a ese procedimiento más factible de obtener para el mismo esos elementos y ponerlos a disposición de los ejecutores.

El Sr. Escario: A la Ponencia le parece muy bien esa propuesta y se dará a ese apartado la oportuna redacción.

Leída la 20.ª, dijo:

El Sr. Hermosilla: Esto es atomizar demasiado el problema.

El Sr. Escario: Se intenta marcar dos aspectos: hay obras del Estado que pueden ser rentables y que deben adelantarse a la iniciativa privada, pero en las obras suntuarias no. Ese es el deseo de la Ponencia.

El Sr. Hermosilla: Debe existir gradación en las necesidades que han de regir el Plan.

El Sr. Rodríguez Pomatta: Creo que, con referencia a las obras suntuarias, debía aclararse el concepto en que debían aplicarse. ¿Qué son obras suntuarias?

El Sr. Escario. No voy a discutir ese tema, porque no corresponde a esta Sección. Por suntuario se entiende lo que económicamente no está justificado: Así lo entiende la Ponencia.

El Sr. Rodríguez Pomatta: No es suficiente. Pueden estar justificados en un momento determinado de la historia.

El Sr. Escario: Quiero decir que hay obras de interés económico evidente y claro. Esas obras pueden no tenerse que demorar ante coyunturas de la economía privada.

El Sr. Hermosilla: Podría substituirse la palabra suntuarias por obras, sin finalidad específica.

Sin otra discusión se pasó al punto 21. Leído, dijo:

El Sr. Rodríguez Pomatta: De acuerdo, pero siempre que no se trate de cajas autónomas.

Leído el 22, dijo:

El Sr. De Buen: Se dice que debe fijarse un derecho fundamental para el obrero. pero que, a su juicio, conviene añadir que se fijen condiciones mínimas en los deberes.

El Sr. Rodríguez Pomatta: Si queremos ampliar el concepto con la palabra "productor", estoy de acuerdo en que debiera fijarse una conclusión, en la cual los Ingenieros expresasen su aspiración de que las percepciones de cualquier clase tuvieran un valor real en correspondencia con el poder adquisitivo de la cantidad percibida.

El Sr. Benlloch: Entiendo que debemos pedir la fijación de los rendimientos mínimos en todas las actividades de trabajo, y no sólo con referencia a un rendimiento mínimo del obrero.

Se habla del escaso poder adquisitivo, y para corregirlo se sigue el procedimiento de aumentar constantemente los salarios. Así nos encerramos en un círculo vicioso. El remedio sería aumentar la producción.

Este tema me parece interesante tenerlo en cuenta, si es que no se ha tratado en otra Sección.

El Sr. De Buen: Esto ha sido ya recogido en la Ponencia correspondiente.

El Sr. González Llana: En efecto, hay puntos de tangencia, pero no se nos culpe a nosotros de ello.

Diré que las afirmaciones que se hacen en los puntos 22 y 23 afectan a problemas que están vivos en la industria, y son esa relación de salarios, despidos, jornadas, etc., puntos vitales, desde luego, y si no se establecen normas, derechos, la vida industrial se verá siempre perturbada.

La Ponencia ha querido solicitar la atención del Poder Público sobre temas importantes. En la cláusula 22 se habla de la intervención del Estado en lo social y debe ir encaminado a fijar condiciones mínimas de remuneración para el productor y vigilar su cumplimiento.

La Ponencia se ha referido ya a esto en la exposición de motivos. Nos encontramos con el mínimo vital, tan de moda. No sólo tratamos de esos puntos generales de la intervención que el Estado tiene en la industria y de las advertencias que este Congreso podía sugerir al Poder Público, sino que se indica también que, cubierto ese mínimo vital, todo lo demás es de convenio libre entre el productor y el patrono. Éste es un punto esencial.

En cuanto a la readmisión forzosa, en cierta base de trabajo se establece el principio de la indemnización por despido. Hay casos en que la Magistratura del Trabajo resuelve por readmisión forzosa. Y creemos que mejor que readmisión es señalar una indemnización fuerte, pero no obligar a la empresa a que readmita un elemento perturbador entre una masa trabajadora, que, en otro caso, sería eficiente.

Creemos que esas dos recomendaciones fundamentales podríamos señalarlas en la intervención del Estado en la industria, sin entrar en esos temas de eficiencia laboral.

El Sr. Rodríguez Pomatta: Me permito preguntar si este tema de aplicación de un salario real se ha tratado en el de eficiencia laboral, o si podemos tratarlo aquí.

El Sr. González Llana: En el Pleno veremos si están todas estas cosas.

El Sr. Fernández (D. Florentino): Abundando en lo expuesto por el Sr. R. Pomatta, estimo que quizá fuera conveniente manifestarnos en el sentido de nivelar los salarios con los índices de vida, pero sería peligroso omitir aquí esta cuestión, por temor a que en otra Sección se haya tratado del tema.

El Sr. Rodríguez Pomatta: Existe un retraso en la revisión de salarios. La aplicación de nuevas reglamentaciones suelen producirse en el período de dos años y basta examinar el Anuario de Estadística para comprobarlo.

El Sr. González Llana: Podríamos emplear la palabra "revisable".

El Sr. De Buen: Creo que no es obstáculo que haya repetición de criterios. No es suficiente que una Ponencia que se ocupa en la intervención del Estado en una industria reduzca la política social a estas dos conclusiones. Debe abarcarse campo más amplio. Por eso, tal vez fuese conveniente hablar no sólo de remuneración, sino de fijar unos derechos mínimos y, a su vez, unos deberes.

El Sr. González Llana: Pero sin detallar.

El Sr. Presidente: Empleando la palabra "productor" comprende todo.

El Sr. González Llana: Podríamos indicar que la intervención del Estado deberá encaminarse a conseguir el rendimiento mínimo o a que el obrero se produzca con la eficiencia necesaria, o cosa parecida.

El Sr. Villanueva: ¿Por qué no lo suprimimos para estar más a tono con los demás apartados de la Ponencia?

El Sr. González Llana: Estamos a disposición de los señores Congresistas, pero lo hemos puesto a fin de que se vea que esas palpitaciones de la industria han sido recogidas por el Congreso, bien sea en eficiencia laboral o en otro sitio.

El Sr. Villanueva: Es el caso del personal de más rendimiento que no puede ser eliminado.

El Sr. González Llana: Si le parece a la Sección, eso del rendimiento lo podemos poner en otra parte, por ejemplo, en el 2.º, y lo del despido en el 3.º. Así abarcamos esos extremos de política social.

El Sr. Rodríguez Pomatta: Aquí podríamos englobar las Conclusiones 22.ª y 23.ª, con la polí-

tica crediticia y monetaria, en un solo epígrafe. Es decir: "Política crediticia, monetaria y social". Así quedaría perfectamente resuelto el problema.

El Sr. González Llana: No hay inconveniente; así se hará.

El Sr. Hermosilla: Quisiera reforzar el argumento de la Ponencia en este punto 23. Los problemas más graves son los de despido de obreros; es un verdadero trastorno del régimen laboral. Representa una cosa substancialmente destacable.

El Sr. Guillamón: El segundo párrafo del punto 22 debería quedar suprimido.

Sin más discusión, queda aceptada la propuesta del Sr. Rodríguez Pomatta, respecto a englobar las cláusulas 22.ª y 23.ª en Política crediticia, monetaria y social.

El Sr. Secretario: Podría decirse: "La intervención del Estado en lo social debe ir encaminado a fijar unos derechos mínimos y especialmente una remuneración mínima revisable para el productor, así como unos derechos mínimos y vigilar su cumplimiento."

El Sr. Presidente: Y suprimir el segundo párrafo del 22, dejando el 23 tal como está.

Un Sr. Congresista: Si admitimos ese punto 23, admitimos el despido arbitrario por parte del patrono.

El Sr. Escario: Lo que no puede ser es tener a un obrero que resulte desagradable.

El Sr. González Llana: Ese concepto de la readmisión forzosa lo reconocemos como posible. Lo que decimos es que la pena puede conmutarla el patrono por dinero. Si la cantidad es elevada, ¡qué le vamos a hacer!

El Sr. Presidente: Entonces queda pendiente de redacción la primera parte.

Leído el 24 (intervención directa del Estado en las industrias), dijo:

El Sr. González Llana: La redacción dada por la Ponencia no ha respondido bien a nuestro deseo. En vez de "es ineficaz" debe decirse "puede ser ineficaz".

Un Sr. Congresista: Podría estar suprimido desde donde dice: "Solamente es inadmisible, etcétera".

El Sr. Fernández (D. Florentino): No debe suprimirse; es cosa de mucho interés.

El Sr. Secretario: Quizá fuese conveniente decir "es, en general, ineficaz, porque no resuelve ni ataca las causas que lo motivan".

El Sr. Guillamón: Suprimir desde "puede ser ineficaz".

El Sr. González Llana: Podríamos decir: "... puede ser ineficaz si no ataca y resuelve las causas que lo motivan. Solamente es admisible en contados casos, por un período de tiempo limitado y con finalidades concretas". Así la cláusula determina que, si lo admite, es en caso excepcional y por corta duración de tiempo, y también reconocemos que puede ser innecesario.

El Sr. Hermosilla: De acuerdo con la Ponencia, porque deja el problema tratado con suficiente prudencia. La política de intervención ha sido excelente éxito, aunque esto resulte un poco extraño, porque ha permitido sostener un nivel de salarios durante catorce o quince años. Estimo aceptable la forma, un poco vaga, de la Ponencia.

El Sr. Herranz: El Gobierno rojo organizó, por primera vez, la distribución de materias primas por la necesidad de distribuir los escasos productos. Es evidente que resulta eso ineficaz para que esos productos alcancen a todo el mundo. Puede ser eficaz en el sentido de evitar que haya acaparamientos en beneficio de determinadas personas. La eficacia o ineficacia está en el ánimo de todos y de todos es conocida.

El Sr. González Llana: Con la misma redacción de la Ponencia. ¿cree usted que todavía subsiste ese equívoco? (Leyó el artículo 24.)

El Sr. Herranz: No trato de atacar ni resolver las causas, sino de evitar los perjuicios de otra índole que se originan. Es cosa distinta. La intervención no corrige la falta de producción, como no sea siguiendo el camino que se ataca más adelante: la creación de industrias por el Estado. Eso, teóricamente, podría resolver la falta de producción.

El Sr. Benlloch: Parece aconsejable reducir la intervención del Estado en la distribución exclusivamente a los "contados casos".

El Sr. Herranz: Repito lo anterior. Se produce siempre un ambiente de descontento, porque, como hay gentes a quienes no llega el producto, no pueden estar conformes con la distribución.

El Sr. González Llana: No nos obsesionemos con la idea de que en este párrafo se condena la intervención del Estado, porque ésta, en muchos casos, ha sido obligada: El concepto de la intervención abarca aquí mucho más. Creemos nosotros que puede llegar un momento en que, conservándose como costumbre, vicie la vida industrial.

El Sr. Benlloch: Repito que, a mi juicio, parece aconsejable reducir la intervención del Es-

tado en la distribución de materias primas, fijación de precios y distribución de productos a determinados casos y siempre por período de tiempo limitado y con finalidades concretas.

Sin más discusión, quedó aprobado.

Leído el 25, dijo:

El Sr. Herranz: En vez de la palabra "limitarse" debíamos poner "debe atender"; porque, si no, parece cosa fuerte.

El Sr. Hermosilla: Quizá mejor sería decir: "Debe irse paulatinamente a..."

El Sr. Secretario: Queda aprobado entonces: "Debe tender a limitarse."

Leído el 26, quedó aprobado sin discusión.

Igualmente, leído el 27, sin discusión quedó aprobado, pero añadiendo: "... de este trámite" después de la palabra "prescindir".

El Sr. Hermosilla: Unas palabras, señores Congresistas, para expresar a la Ponencia mi felicitación sincera por la brillantez de su labor realizada.

El Sr. González Llana: Para dar las gracias a la Sección en nombre de la Ponencia. Somos nosotros los que estamos verdaderamente satisfechos por haber encontrado un ambiente tan acogedor, tan valiosas colaboraciones, para la realización de la labor que se nos ha encomendado, y proclamar que todas las cuestiones se han tratado con la alteza de miras que corresponde a este Congreso. (Grandes aplausos.)

El Sr. Presidente: Entonces la Ponencia modificará los puntos discutidos en la forma acordada.

Se levanta la sesión.

Eran las siete y treinta minutos.

SECCIÓN 2.ª

GRUPO X
SECCIÓN 2.ª

ACTA DE LA SESIÓN CELEBRADA EL DÍA 29 DE MAYO DE 1950

Se abre la sesión a las cuatro de la tarde, constituyéndose la mesa con el Ilmo. Sr. D. José María Gil Lasanta, Ingeniero Geógrafo, como Presidente, asistido del Vicepresidente, D. José Soriano Viguera, Ingeniero Geógrafo, y de los Secretarios D. Luis Escrivá de Romaní, Ingeniero Agrónomo, y D. José M.ª Ruiz Tapiador, Ingeniero de Montes, que sustituye al titular, D. Francisco Alonso Sanmillán.

Declarada abierta la sesión, se procede primero a la lectura del siguiente trabajo número 66:

N.º 66. - Método estadístico de estimación de lanas

Autor: D. FEDERICO LÓPEZ-AMO MARÍN

Ingeniero de Industrias Textiles

1. ESTADO ACTUAL DE LA CLASIFICACIÓN COMERCIAL DE LANAS

Al existir muy diversos tipos de lanas en todos los mercados mundiales, con marcadas diferencias en sus precios por razón de sus varias calidades y el distinto aprecio que de ellas hacen los industriales, es natural que siempre se hayan distinguido esos tipos de lanas, fundándose en las características que más saltan a la vista: finura y longitud de sus fibras, rizado natural de ellas, compresibilidad elástica o «nervio», color, brillo, aspecto y lo que más directamente se refiere a la parte económica: rendimiento en lana lavada, puesto que generalmente las transacciones se realizan con lana recién esquilada y al estado sucio o «en jugo».

Naturalmente, que la apreciación de estas características ha sido siempre puramente subjetiva, por simple inspección ocular y táctil. De aquí que la estimación de las lanas venga realizada por personas expertas, que luego de muchos años de comerciar con ellas adquieren su conocimiento práctico. Pero este procedimiento no puede aceptarse técnicamente, porque carece de base para ello. Y por esto se ha planteado hace ya varios años a la Federación Lanera Internacional, en 1928, el problema de buscar y adoptar una clasificación técnica y racional, que substituya a todas las que poseen actualmente las distintas naciones.

Este problema, sin embargo, no ha tenido solución tan fácil como pudiera parecer a primera vista, por las dificultades que presenta la determinación de las características de las fibras de lana y por el gran número de ellas que pueden intervenir en la estimación de las distintas clases. Si los primeros pasos hacia la clasificación internacional se dieron en 1928, las cuestiones que han surgido para determinar los métodos y técnicas de los análisis de las varias características han demorado la existencia de una solución satisfactoria hasta noviembre de 1942, en que la Conferencia de Wurzburgo (Alemania) adoptó una escala de quince tipos de finura (diámetro exclusivamente) para la clasificación internacional de las lanas.

El hecho de que esa conferencia tuviera lugar ya en plena última guerra con ausencia de las principales delegaciones del bando aliado, ha restado fuerza al citado acuerdo, que se publicó en la Norma DIN 60.402, de septiembre de 1943; hasta el punto de que en las últimas conferencias se presentaron meritorios trabajos acerca de las antedichas técnicas, sin que hasta la fecha se haya establecido la obligación de utilizar la clasificación adoptada en el mercado lanero.

Por lo que respecta a España, los tipos comerciales que han existido han sido siempre más o menos empíricos y rutinarios. Han tenido denominaciones locales y hasta típicas, hasta que en 1928 se adoptaron las siguientes (resultado de combinar las antiguas con las de otros países), que venía utilizando un conocido y antiguo tratante en lanas catalán:

Primera Merino Superior.
Primera Merino Corriente.
Primera Merino Inferior.
Primera Entrefina Superior (Entrefina-fina).
Primera Entrefina Corriente.
Primera Entrefina Inferior.
Primera Merina Parda o Negra.
Primera Entrefina Superior Negra.
Primera Entrefina Corriente Negra.
Primera Entrefina Inferior Negra.

Posteriormente, en 1941, el Sindicato Nacional Textil y el Ministerio de Agricultura definieron los siguientes catorce tipos, que constituyen la vigente clasificación española, y cuyas características vienen a ser:

Tipo 1.—Lana blanca merina superior, transhumante.
Tipo 2.—Lana blanca merina corriente, estante: Barros.
Tipo 3.—Lana blanca merina inferior, corta: Carda o Córdoba.
Tipo 4.—Lana blanca entrefina-fina, con menos del 50 por 100 de pelo muerto.
Tipo 5.—Lana blanca corriente, con pelo muerto de 50 poi 100 a 70 por 100.
Tipo 6.—Lana blanca ordinaria, con más del 70 por 100 de pelo muerto.
Tipo 7.—Lana blanca basta, no afieltrada.
Tipo 8.—Lana blanca churra o lacha, colchonera.
Tipo 9.—Lana negra, fina o merina.
Tipo 10.—Lana negra entrefina-fina, como tipo 4.
Tipo 11.—Lana negra corriente, como tipo 5.
Tipo 12.—Lana negra ordinaria, como tipo 6.
Tipo 13.—Lana negra basta, como tipo 7.
Tipo 14.—Lana negra churra o lacha, colchonera.

Esta clasificación, exclusivamente comercial y muy en consonancia con la anterior, es de estimación subjetiva, y así resulta con mucha frecuencia que lana que para el ganadero es de un tipo determinado, para el comprador resulta del tipo siguiente inferior. Es esta clasificación, defectuosa, porque no fija características técnicas. Además, las denominaciones de transhumante y estante para las lanas merinas dicen muy poco, ya que no son estas condiciones «sine qua non» para que se cumplan esos tipos; como tampoco lo son las proporciones de pelo muerto que se indican, para que las lanas sean entrefinas, corrientes u ordinarias. Por otra parte, las clases que se separan en el sorteo o «claseo» de cada tipo vienen a complicar el procedimiento, aumentando excesivamente el número de tipos que encuentra prácticamente la industria, aunque esto se haga con el buen fin de lograr tipos más puros.

De ganaderos y de industriales son bien conocidos los defectos de esta clasificación. Y tanto se hace sentir la existencia de otra más técnica y racional, que dos catedráticos de Facultades de Veterinaria, buenos conocedores del problema lanero en su campo pecuario, han propuesto sus clasificaciones, que consideran las más apropiadas para las lanas españolas. Se resumen en las páginas siguientes, en forma de cuadros, las propuestas por el doctor Aparicio, de la Facultad de Córdoba, y por el doctor C. L. de Cuenca, de la de Madrid. Tenemos noticias de que algún ingeniero agrónomo ha trabajado también sobre este tema; pero no conocemos concretamente su labor.

En el extranjero, las clasificaciones son muy variadas, y también más o menos arbitrarias: desde las AAA que emplean Alemania e Italia para las lanas más finas hasta las denominaciones inglesa y americana de los «counts» o máxima finura de los hilos que se pueden obtener con los distintos tipos de lanas hay variedades tan notables como la francesa, cuya clasificación consta de dos sistemas bien distintos: uno para lanas merinas o finas y otro para cruzadas o más bastas.

Por la importancia de su mercado, es mundialmente muy empleada la clasificación inglesa, que consiste sencillamente en designar cada lana con un número, un «count», que expresa en el sistema inglés de numeración de los hilos de estambre o lana peinada (número de madejas de 560 yardas que entran en una libra inglesa), el hilo más fino que puede llegar a obtenerse con sus fibras. Y así se habla de lanas 70' s, 48' s, 40' s, porque con ellas se pueden lograr, como máximos, hilos de los números 70, 48 ó 40 del sistema inglés (téngase en cuenta que por ser sistema inverso los números más altos corresponden a los menores diámetros, es decir, a los hilos más finos).

La clasificación de los Estados Unidos es semejante a la inglesa, aunque no coinciden las máximas finuras de los hilos a obtener con una misma lana: en general, los americanos llegan a hilos más finos (al menos así lo indican) con un mismo tipo que los ingleses.

A continuación, y con el fin de no extender demasiado este capítulo, se da un Cuadro de clasificaciones de lanas, donde se resumen gráficamente algunas de las más importantes hoy vigentes, quedando de manifiesto las correspondencias entre ellas y sus finuras respectivas o diámetros de fibras. Se han añadido las escalas 2 y 3, indicándose esas finuras no por sus diámetros, sino referidas a los dos sistemas métricos, directo e inverso, de numeración de hilos. Es decir, considerada la fibra como de longitud indefinida, su número o título en *tex* (métrico directo) indica el peso en gramos de mil metros de ella; su número o título N_m (métrico inverso) expresa los metros que entran en un gramo. Para los cálculos de esta «titulación» de la finura de fibras, se ha considerado como peso específico medio de la lana, 1,31.

CLASIFICACION DE LANAS ESPAÑOLAS

Propuesta por Gumersindo Aparicio, Catedrático de Zootecnia de la Facultad de Veterinaria de Córdoba.

GRUPOS	CLASES	Diámetro micras	Rendimientos de metros de hilo	Probables conjuntos étnicos que lo integran
PRIMERO: Lanas formadas por dos clases de fibras, impropias para la industria del vestido.	Lanas bastas y largas	< 40 μ	$32'_s/28'_s$	Razas churras y lacha.
SEGUNDO: Lanas formadas por una sola clase de fibras, propias para la industria del vestido.	Lanas de longitud media (más de 7 cms.), brillantes.	26/30 μ	$44'_s/38'_s$	Raza merina estambrera o campiñesa y conjuntos influenciados por ella.
	Lanas de longitud media (7 cms.), semibrillantes.	24/26 μ	$48'_s/44'_s$	Razas merina entrefina; manchega, castellana, segureña, y conjuntos mestizos talaverano y granadino.
	Lanas mates de longitud media (6'5 cms.)	22/24 μ	$58'_s/48'_s$	Raza merina entrefina.
	Lanas mates cortas (más de 6'5 centímetros).	18/21 μ	$70'_s/58'_s$	Raza merina fina.
	Lanas mates cortas (más de 6'5 centímetros).	15/18 μ	Más de $70'_s$	Raza merina superfina.

Clasificación de los Tipos Laneros Españoles

propuesta por el Doctor don Carlos Luis de Cuenca, de la Facultad de Veterinaria de Madrid

DEFINICIÓN GENERAL	CARACTERÍSTICAS											Correspondencia con la			TIPOS ÉTNICOS OVINOS
	Tipo	Finura micras	Uniformidad	Densidad Fibras/cm.²	Ondulaciones p. 10 cm.	BRILLO	Longitud media	Rendimiento en lavado a fondo	Pelo muerto	Color	MATIZ	Escala inglesa	Escala francesa	Clasificación oficial española	
I.-Lana textil, fina, tipo merino para peine y carda; una sola clase de fibras (sin médula).	*1.-Lanas merinas extrafinas.*	< 18 μ	grande	6.500/8.000	80/100	mate	6 cm.	36/40 %	no tiene	blanco	blanco (el marfil es defecto)	70's/74's y más	Merinos 110/115	N.° 1 (blanco)	Merino extrafino no trashumante (preferentemente) y algún estante.
	2.-Lanas merinas finas.	18/22	buena	5.000/6.500	70/90	mate	5/7 cm.	36/42 %	no tiene	blanco o negro	blanco (el marfil es defecto,	64's/70's	Merinos 110	N.° 2 (blanco) N.° 9 (negro)	Merino fino estante y algún trashumante; tipos Barros y Serena.
	3.-Merinos «altos» o menos finos.	20/24	mediana	4.000/5.000	55/80	mate	5/7 cm.	38/43 %	no debe tener	blanco o negro	blanco (marfil, se onsi.era defecto)	60's/64's	Merinos 100/105	N.° 3 (blanco) N.° 10 (negro)	Merino tipo Carda o Córdoba.
II.-Lana textil, entrefina (medium-fine, prima Croisé), para carda y (menos) para peines, una sola clase de fibras (sin médula); la frecuente existencia de pelos medulados es defecto.	*1.-Entrefino-fino.*	25/28	mediana	3.000/4.000	40/55	mate	5/8 cm.	42/46 %	cantidad variable (defecto)	blanco o negro	amarillento, debe aspirarse al blanco	56's/58's	Prima-Croisé I-II	N.° 4 (blanco) N.° 11 (negro)	Entrefino-fino amerinado andaluz (Córdoba) y talaverano.
	2.-Entrefino-corriente.	28/30	escasa	2.000/3.000	30/40	semibrillante	> 6 cm.	43/47 %	cantidad variable (defecto)	blanco o negro	amarillento, manchas y pelos negros	48's/50's	Croisé II-III	N.° 5 (blanco) N.° 12 (negro)	Entrefino manchego, castellano, segureño, aragonés, andaluz, etc.
	3.-Entrefino-ordinario.	30/35	mala	1.000/2.000	20/30	brillante	> 7 cm.	43/47 %	gran cantidad	blanco o negro	amarillento (defecto)	46's/48's	Croisé III-IV	N.° 6 (blanco) N.° 13 (negro)	Entrefino ordinario, andaluz, castellano, aragonés, navarro, etcétera.
III.-Lana no textil («colchonera»). Fibras de lana verdadera (sin médula) y de pelo muerto (jarra), este último en gran proporción.	*1.-Lanas bastas churras, largas, selectas.*	35/40	mediana	700/900	inapreciable	brillante	> 10 cm.	45/50 %	gran cantidad	blanco o negro	amarillento o blanco	32's/46's	Croisé IV-VI	N.° 7 y 8 (blanco) N.° 13 y 14 (negro)	Razas churra y lacha, y ovejas de lana basta.
	2.-Lanas bastas churras, largas.	> 40 μ	muy escasa	600/800	inapreciable	brillante sucio o mate	> 15 cm.	45/50 %	gran cantidad	blanco o negro	amarillento o blanco	28's y menos	Croisé VII	N.° 7 y 8 (blanco) N.° 13 y 14 (negro)	Razas churra y lacha, y ovejas de lana basta y degenerada.

Observando los tipos de lanas característicos de varias de las clasificaciones vigentes, respecto a su finura, bien venga ésta expresada en un sistema de numeración o se refiera a su diámetro en micras, se destaca que se relacionan por un escalonamiento progresivo de los valores de una u otra referencia; escalonamiento creciente que viene a ser aproximadamente el de los términos de una progresión geométrica. Esto ha ocasionado que algunas de las actuales clasificaciones hayan sido corregidas ligeramente, con el fin de que sus «términos» formen en realidad o con mucha aproximación, la serie que sólo apuntaban antes.

De aquí también que en la clasificación de quince tipos propuesta en la Norma *Din* citada, éstos queden ligados (no exactamente, debido al redondeo de sus cifras) por la razón 1,18, dentro de una progresión geométrica de los valores de sus finuras expresadas en la numeración métrico-inversa. En efecto, tomando logaritmos de estos valores, pronto se deduce la expresión

$$\log N_m = 3{,}675 - 0{,}075 \cdot n$$

en que *n* es el lugar que ocupa en la progresión cada término.

Si en vez de los números métrico-inversos se toman los respectivos diámetros en micras (escalas núm. 1 del citado Cuadro de Clasificaciones), entonces la razón de la progresión es aproximadamente 1,09, y se verifica que

$$\log \mu = 1.1563 + 0{,}0375 \cdot n.$$

En esta clasificación de quince tipos, en que éstos se designan por F1, F2, F3, etc., se aconseja guiarse por los diámetros de las fibras en micras, deducidos de la observación microscópica, más que por los títulos métrico-inversos, determinados por gravimetrías, más sujetas a errores, especialmente debidos a la higroscopicidad de la lana.

En el mismo Cuadro se dispone esta clasificación *Din* en la escala núm. 5, que corresponde con la núm. 3 de sus títulos métrico-inversos. También se ha dispuesto otra escala, la núm. 6, con la clasificación del profesor Cuenca, ya vista en su cuadro propio.

La mayor parte de las clasificaciones existentes se fundamenta exclusivamente en la finura o diámetro de las fibras. Y, desde luego, ésta es la base, deliberadamente, de la que se propone en la Norma *Din* citada, por considerar que la finura es la característica más importante de una lana.

2. OTRAS POSIBLES CLASIFICACIONES

Siguiendo la pauta que rige las clasificaciones vistas hasta ahora, nos parece más lógico, en la serie geométrica a que pertenece el sistema, considerar algún detalle de índole práctica que facilite el redondeo de sus términos. En este sentido, vemos la posibilidad de dos nuevas clasificaciones que citamos a continuación:

Primera, de QUINCE TIPOS.—Si en la clasificación *Din* ya vista se toma como razón de la progresión geométrica de los títulos de las fibras, no 1,18, sino 1,2, se obtiene una escala algo más extensa, con sus términos un poco más separados. Y numerando en el sistema métrico-directo (*tex*), en vez del métrico inverso, la expresión logarítmica general de sus términos es

$$\log N_{tex} = \overline{1}{,}318 + 0079 \cdot n.$$

Si partimos del primer término de la Norma *Din*, es decir, de una finura de 0,250 *tex*, que equivale al anterior F1, se obtienen los otros catorce términos, muy próximos a los de la Norma, pero que, traducidos a micras, dan más términos con números enteros o próximos a éstos que aquélla. Esta clasificación está representada en la escala núm. 2 del Cuadro de Clasificaciones.

Segunda, de NUEVE TIPOS.—Puede parecer excesivo el número de quince términos de la serie, y entonces, al adaptar la misma razón anterior de 1,2, no a la serie de títulos, sino a la de diámetros en micras, a partir de 14 μ, resultan los términos 14, 16,8, 20,2, 24,3, 29,1, 35, 42, 50,4, 60,5, cuyos logaritmos obedecen a la expresión

$$\log \mu = 1{,}070 + 0{,}079 \cdot n.$$

Esos términos, redondeados, son hasta el de 50 micras: 14, 17, 20, 24, 29, 35, 42 y 50.

Y viendo que salvo los dos primeros, los demás se escalonan sucesivamente de 3, 4, 5, 6, 7 y 8 micras, se ha introducido el término de 15 μ, con lo que la serie tendrá nueve, que se distancian ahora de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 μ, y que son los de 14, 15, 17, 20, 24, 29, 35, 42 y 50 micras.

Este escalonamiento tan intuitivo, y que cumple casi como los términos de una serie geométrica, nos parece bastante adecuado para las lanas españolas (prescindiendo de los dos primeros términos, demasiado finos para nuestra cabaña nacional). Esta clasificación es la señalada con el núm. 4 en el Cuadro de Clasificaciones de Lanas, y cabría, en el caso de creerlo necesario, ampliarla a diez términos, con el de 59 micras. O mejor fuera, tal vez, correr en una micra todos sus términos, y entonces, esta última escala de diez sería: 15, 16, 18, 21, 25, 30, 36, 43, 51 y 60.

3. ¿SON EFICACES LAS CLASIFICACIONES ACTUALES Y LA «DIN» PROPUESTA?—LA IDEA QUE PRESIDE ESTE TRABAJO

Aunque la finura de las lanas sea su más importante característica, existen otras muchas, apreciadas en grado sumo por la Industria Textil, cuyo conjunto fija la cotización y produce la estimación para su compra y empleo.

Pretender que el diámetro de una fibra sea el índice resumen de todas sus características, resultaría pueril. Y no lo pretenden siquiera quienes propugnan este parámetro como base de la clasificación de tipos lanares, por ser el más característico de todos. Porque a pesar de ello, establecida una clasificación basada sólo en la finura, pronto se habría de ver que dos lanas pertenecientes al mismo tipo tendrían precios diferentes, a causa precisamente de esas otras características que el industrial estima en su justo valor.

No basta, a nuestro juicio, la consideración de una sola propiedad para establecer por ella distintos tipos de lanas. No basta la finura de la fibra. Su *longitud* es apreciadísima en la hilatura hasta el punto de que ella determina la posibilidad o conveniencia de hilar por un procedimiento o por otro (carda o peine); la relación entre su longitud y su finura, origina el concepto de coeficiente de hilabilidad o de aptitud para la hilatura, que si no es un índice perfecto, por lo menos señala mar-

Clasificaciones de lanas y finura de fibras

Clasificaciones propuestas

Clasificaciones vigentes

- 1 — Diámetro μ: 55, 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15
- 2 — Fibras, Tex / Título: 3'250 – 15; 2'700 – 14; 2'250 – 13; 1'870 – 12; 1'560 – 11; 1'300 – 10; 1'100 – 9; 0'900 – 8; 0'750 – 7; 0'628 – 6; 0'520 – 5; 0'430 – 4; 0'360 – 3; 0'300 – 2; 0'250 – 1
- 3 — Nm: 355, 425, 500, 600, 710, 850, 1.000, 1.180, 1.400, 1.700, 2.000, 2360, 2.600, 3.250, 4.000
- 4: 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1
- 5 — DIN: F-15, F-14, F-13, F-12, F-11, F-10, F-9, F-8, F-7, F-6, F-5, F-4, F-3, F-2, F-1
- 6 — Cl. Cuenca: III-2, III-1, II-3, II-2, II-1, I-3, I-2, I-1
- 7 — España: 8-14, 7-13, 6-12, 5-11, 4-10, 3, 2-9, 1
- 8 — U.S.A.: 36s, 40s, 44s, 46s, 48s, 50s, 56s, 58s, 60s, 64s, 70s, 80s
- 9 — Inglaterra: 40s, 44s, 46s, 48s, 50s, 56s, 58s, 60s, 64s, 70s, 80s
- 10 — Alemania e Italia: F'', F', E'', E', D'', D', C'', C', B', A, AA, AAA, AAAA
- 11 — Francia: VI, V, IV, III, II, I, 100, 110, 120, 130, 140, 150
- 12 — Argentina: 6, 5, 4, 3, 2, 1, Prima, Merino
- 1 (right scale): 55, 50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15

cadamente las posibilidades de conversión en hilo y de la finura de éste.

La magnitud de la *ondulación* de las fibras y la proporción y forma de las *escamas* que cubren su superficie son índices relativos al *poder fieltrante* de una lana, tan apreciado en las finas para la elaboración de los paños y la posibilidad de conseguir determinados aspectos en los tejidos.

La *elasticidad* de la lana y el *alargamiento flexible* (con pérdida temporal de su ondulación), tan relacionado con la *compresibilidad elástica* o «nervio» de sus fibras, son propiedades indispensables para la elaboración de un buen tejido de estambre. Es sobradamente conocido el hecho de que si no se forman «rodilleras» o bolsas en los pantalones de hombre de géneros buenos, es debido a que éstos están construídos con lanas elásticas de mucho «nervio». Es también muy conocido el que los industriales españoles, pese a lo apreciadas que son para ellos las lanas merinas del Cabo, por su finura y longitud especialmente, las mezclen con merinas españolas para sus géneros de estambre, por la razón de que aquellas lanas africanas, a pesar de sus buenas propiedades, poseen en pequeña escala ésta de que venimos hablando, y sus géneros exclusivos serían más arrugables y deformables que los de nuestras lanas merinas.

No se indica nada en la mayor parte de las clasificaciones actuales, ni en la propuesta por la Federación Lanera en zona alemana, sobre la presencia de *pelo* entre las fibras de lana. Y es este inconveniente notabilísimo que deprecia el valor de una materia, por lo que se notará después en el tejido, máxime por la dificultad con que esos pelos toman el tinte.

La *resistencia a la tracción* de las fibras y el *rozamiento* entre ellas, aunque generalmente no se determinan, son constantes también muy dignas de tenerse en cuenta.

El *color* de una lana, su blancura, su *limpieza*, presencia de *pajas*, de la *pez* del marcado de las reses, su *estado* de enmohecimiento, polilla, tiña, etc., son tantos otros factores, éstos casi exclusivamente de apreciación personal, que con todas las características técnicas anteriores contribuyen a la estimación y cotización comerciales de las lanas.

Desde el punto de vista más puramente comercial, el *rendimiento* de una lana o la relación entre sus pesos lavada a fondo y sucia o «en jugo», es de importancia capitalísima. Y atendiendo a la recuperación de subproductos de las aguas del lavado industrial, cabría tener en cuenta también la presencia y proporción de *grasas* y de *sales potásicas*.

Naturalmente, que la apreciación de todas las características técnicas citadas, trae consigo una serie de análisis en laboratorios de proceso más largo y engorroso que la simple inspección ocular que hoy vienen realizando los expertos conocedores de lanas. Pero es indudable que aquel procedimiento es mucho más perfecto y regular. Y de la misma manera que hoy todas las transacciones de lana en proceso industrial (lana lavada, bobinas peinadas, hilos, etc.) se realizan acompañando siempre el correspondiente boletín oficial de un acondicionamiento público, al que se acude en todos los casos como cosa normal para que determine oficialmente la humedad de la materia que se contrata, no nos cabe duda de que este mismo procedimiento se habrá de seguir dentro de no muchos años para determinar las características técnicas de las lanas que venda el ganadero. Y, como consecuencia, habrán de nacer unos estableimientos encargados de esta función, o bien la asumirán, ampliándose adecuadamente, los mismos Acondicionamientos Textiles.

Esta apreciación de las características técnicas habría de realizarse considerando sus valores medios como índices de un lote de lana. Pero además será preciso tener muy en cuenta la regularidad de esas características a lo largo de toda la partida, para que tengan un valor efectivo, por lo que habría que determinar sus desviaciones típicas y coeficientes de variación; datos estadísticos éstos que, para sus cálculos, requieren de un personal a ello dedicado, si se ha de desarrollar un trabajo continuado.

La exactitud de los análisis y los resultados estadísticos obtenidos no pueden compararse con la apreciación personal de los expertos laneros, por más que ésta pueda dar de un golpe de vista una cierta idea de las propiedades de una lana. Por eso la clasificación internacional que se propone se basa en la micrometría.

No consideramos eficaces, por las razones que anteceden, las clasificaciones fundadas en sólo la finura de fibras. Habría que buscar una clasificación que comprendiera, si no todas las características enumeradas, sí las más importantes de ellas, con todas las numerosas combinaciones de tipos a que diera lugar. De lo que resultaría un elevadísimo número de éstos; y no pretendemos que se establezcan, como hemos observado en algún catálogo de una casa inglesa, no menos de 1.500 tipos diferentes de lanas, lo que sería impracticable y hasta irreal.

En las actuales clasificaciones inglesa y americana se acude a la finura, no de la fibra, sino del hilo más delgado que con ella pueda obtenerse. Y esto, que parece encerrar un conjunto de características de la lana, sólo lo hace de una forma muy relativa, pues la finura del hilo depende, aparte de la materia, del proceso de hilatura seguido, de la maquinaria, de la técnica empleada, etc., y es susceptible de variación y mejoramiento. Buena prueba es que no coinciden las clasificaciones inglesa y americana (ver Cuadro de Clasificaciones de Lanas), y que esta última de hilos más finos con la misma materia que la inglesa. Es indudable que en un futuro, al mejorar técnica y maquinaria, se pueda llegar a obtener hilos más finos que los actuales, con lo que estas clasificaciones habrían de sufrir una variación.

Por eso hemos considerado preferible, y ésta es la idea que motiva el presente trabajo, establecer en cada caso una comparación numérica de las características, de los parámetros de una lana, con los de otra, considerada como tipo o patrón, que muy bien puede no existir. No precisa que las características de esta última sean casi inaccesibles: pueden ser las de un tipo ideal para el industrial o las de un tipo bueno que se dé con cierta frecuencia. Así, pues, si se establece esa comparación que incluya la regularidad o el coeficiente de variación; añadiendo, en un determinado porcentaje solamente, el factor de apreciación personal, y, desde luego, el rendimiento en lavado a fondo se obtendrá un coeficiente abstracto, pero un índice típico de cada lana, que no precisaría ya de ser incluída forzosamente en determinado tipo de una clasificación que nunca puede ser perfecta. Y ese índice, relacionado con la cotización fijada a la lana patrón o tipo perfecto de lana, daría en cada caso el precio de la lana analizada; que en ello, al fin y al cabo, es en lo que se ha de traducir la estimación que de aquélla se haga.

En principio, hemos tomado como características sujetas a comparación las siguientes:

d = diámetro medio de fibras, en micras.
V_d = su coeficiente de variación, unitario.
l = longitud media de fibras, en mm.
V_1 = su coeficiente de variación, unitario.
o = rizos u ondas por cm.
A = alargamiento flexible, en %.
r = resistencia específica, en gramos por tex.
p = pelos, en %.
ρ = rendimiento en lavado a fondo, en %.
a = aspecto, color, limpieza, etc. (apreciación personal) en %.
P = precio unitario de una lana, afectando del subíndice o las del tipo patrón.

Teniendo en cuenta la naturaleza de cada una de estas características o parámetros, les hemos asignado un coeficiente porcentual (o unitario), según su importancia, para que él sea quien determine la influencia de cada parámetro sobre la estimación total. Los coeficientes que hemos dado deben ser objeto de revisión y estudio, para adoptar los más adecuados. Hemos fijado, para el término correspondiente al diámetro o finura, como parámetro más importante de la lana, una influencia del 40 % sobre la total estimación; para el de la longitud de fibra, un 30 % (ó 0,30, unitario); a los términos de alargamiento flexible y de pelos, hemos asignado un coeficiente de 0,1 (10 %), y para los de ondulación y resistencia, de 0,05 (5 %) para cada uno de ellos. El conjunto de todos estos términos da la estimación técnica o índice de calidad; pero éste debe ser afectado, aunque sólo parcialmente, como ya se ha dicho con anterioridad, por la apreciación personal. Hemos fijado para ésta una influencia del 40 % sobre la totalidad del índice, dando así primacía a la estimación técnica.

Hasta aquí se tendría la apreciación de una lana lavada. Pero como el procedimiento debe extenderse, en general, a las sucias, interviene aún el rendimiento en lavado a fondo, que lógicamente debe determinar el precio o estima. Este rendimiento afecta al conjunto anterior como factor. Y así, el índice total de estimación, o valía de una lana, puede venir dado por la siguiente fórmula convencional:

$$\pi = \left[\frac{0'4 \, . \, d_0}{d \, . \, (1 + V_d)} + \frac{0'3 \, . \, l}{l_0 \, . \, (1 + V_1)} + \frac{0'05 \, . \, 0}{0_0} + \frac{0'1 \, . \, A}{A_0} + \frac{0'05 \, . \, r}{r_0} + \frac{0'1 \, . \, 100}{100 + p}\right] . \left(60 + 40 \, . \, \frac{a}{100}\right) . \frac{\rho}{100}$$

Y claro está que el precio unitario de cualquier lana puede venir dado por la sencilla expresión:

$$P = P_0 \, . \, \frac{\pi \, .}{100}$$

4. PARÁMETROS A DETERMINAR

Con el fin de estudiar las posibilidades de aplicación de este método, que sugerimos para la estimación de lanas, bajo los auspicios del Patronato «Juan de la Cierva», del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, y en los Laboratorios Textiles de la Escuela de Ingenieros Industriales de Madrid, del Establecimiento Central de Intendencia de Madrid y de la Escuela de Peritos Industriales de Béjar, hemos desarrollado un amplio trabajo de análisis de lanas, para verificar las técnicas empleadas por distintos autores, las que preconizan los miembros del Comité Técnico de la Federación Lanera Internacional, los de la «Wool Industries Research Association», y las que pueden considerarse más o menos clásicas; lo hemos orientado también para deducir, en su menor número posible, qué parámetros pueden considerarse como identificadores de un tipo (tipo en su acepción general), y cuáles pueden despreciarse para simplificar en lo posible este método.

No detallamos aquí todo el trabajo efectuado, ni las observaciones que podríamos hacer a las técnicas que hemos empleado. Nos limitamos tan sólo a mencionar más adelante las que, a nuestro juicio, deben emplearse y los parámetros que juzgamos esenciales para la identificación de una lana. Hemos de advertir también que no nos ha sido posible determinar buen número de características de la fibra, que teníamos trazadas en nuestro plan de trabajo por carecer de los aparatos correspondientes.

Considerados todos los parámetros o características de una lana, los hemos dividido en dos grupos: los esenciales o típicos y los secundarios. Como esenciales, consideramos los siguientes:

Diámetro medio (o en su lugar, la finura en *tex*).

Longitud media.

(Podrían substituirse estas dos características, si se estimara conveniente, por el coeficiente de hilabilidad o relación entre la longitud y la sección de la fibra — Blanxart.)

Ondulación o crispadura.

Alargamiento plástico o flexible.

Resistencia a la tracción, específica (gramos por *tex*).

Presencia de pelos.

Rendimiento en lavado a fondo.

Aspecto general y color (apreciación personal).

Es de suma importancia considerar aquí la regularidad del lote.

Tomamos como características secundarias:

Densidad o peso específico.

Rozamiento (su coeficiente).

Coeficiente de hilabilidad (si no se ha considerado entre las primeras).

Escamas.

Poder fieltrante.

Elasticidad de volumen.

Partículas vegetales (suele incluirse en la apreciación personal).

La humedad, si se ha hecho el acondicionamiento, va incluída en el rendimiento de la lana.

Por lo tanto, sólo los parámetros esenciales o típicos intervendrán en la determinación del índice de estimación de una lana.

Siendo el diámetro y la longitud de fibra los parámetros individuales más importantes de la lana, así como también de capital importancia la regularidad del lote, la dispersión de sus valores dentro del colectivo precisa deducir de estas dos magnitudes los datos estadísticos más fundamentales: media aritmética, moda, desviaciones absoluta y típica y coeficiente porcentual de variación. Será muy conveniente también construir los fibrogramas respectivos de diámetro y de longitud, y las correspondientes curvas de frecuencia, tan interesantes para revelar las mezclas de materias. De ellas, la de longitudes, es, además, de gran aplicación para el buen ajuste de las peinadoras de estambre.

La ondulación, el alargamiento flexible y la resistencia, aun-

que consideradas como características esenciales, tienen menos influencia en el proceso de hilatura de las fibras, que las dos primeras. Por lo tanto, no creemos preciso calcular más que su valor medio. Los otros parámetros o características, presencia de pelos, rendimiento y apreciación personal, afectan a la totalidad del colectivo y son valores únicos para el lote, que no precisan ningún cálculo estadístico.

5. MARCHA SISTEMÁTICA EN EL ANÁLISIS DE LANAS Y TÉCNICAS A EMPLEAR

De los procedimientos y técnicas estudiados y de los desarrollados en el curso del trabajo que se cita en el caso anterior, deducimos un orden lógico en la sucesión de operaciones para el análisis de una lana, una marcha sistemática que describimos a continuación, al mismo tiempo que señalamos, muy concisamente, la técnica más conveniente a nuestro juicio. Y aunque se incluye la determinación de alguna característica no esencial o típica, podrá prescindirse de ella siempre que no resulte necesaria, pero le asignamos su sitio en el orden analítico.

Del lote a analizar se tomarán muestras según las normas con que actúan los Acondicionamientos Textiles; muestras que serán perfectamente representativas de la calidad del lote. Y de este conjunto de muestras, fundidas por así decirlo, se toman dos, A y B, con las que, mientras se pueda, se irá trabajando simultáneamente.

La primera muestra de lana, sucia o «en jugo», es sometida a las operaciones siguientes, deduciendo las características que se señalan:

A,1. La muestra A es *pesada*, sacudida y lavada con agua sola para extraer las tierras, polvo y sales minerales; seguidamente, extracción de la *grasa* en un Soxhelet y determinación de ésta, y de las sales si interesara. Antes y después de estas extracciones, apreciación visual sobre *aspecto* y *color*.

A,2. Con la muestra anterior, ya limpia, *carbonizado* con solución de ácido sulfúrico a 4.º ó 5.º Bé y desecado posterior a 105º C; sacudir para eliminar las *pajas* y partículas celulósicas, que habrán sido carbonizadas. Con pesadas y acondicionamientos anterior y posterior, puede determinarse la proporción de partículas vegetales.

A,3. Con la misma muestra, después de las operaciones anteriores, *acondicionamiento*, al que se referirán todas las determinaciones gravimétricas, si se realiza alguna. Como consecuencia de él, determinación del *rendimiento* absoluto, de la lana sucia respecto a la lana pura que ha quedado tras estas operaciones y con humedad legal.

Con la segunda muestra, también «en jugo», y mientras se realiza alguna de las operaciones anteriores,

B,1. *Ondas por centímetro* y *alargamiento* plástico o flexible.

B,2. Lavado con abundante agua y jabón, aclarado y desecación no absoluta. Exposición durante doce horas, cuando menos, en ambiente «standard» o normalizado, a 20º C y 65 % de humedad relativa.

B,3. Determinación de la densidad fibrilar o peso específico de la materia (eventual).

B,4. *Longitud* de fibras, por el método de medición individual, realizando como mínimo 200 mediciones, pero siendo aconsejable obtener 400 ó 500 valores; llenar la ficha estadística y confeccionar el fibrograma y curva de frecuencias. Aprovechar el recuento de fibras para deducir el porcentaje de *pelos*.

B,5. Preparaciones microscópicas, longitudinal y transversal. Mediante el microtomo de Hardy modificado por Henning y Cuenca, obtener cortes de 200 a 250 micras de longitud para la observación longitudinal y de 20 a 25 micras, para la transversal. Sobre ésta, medición del *diámetro* por microproyección a 500 aumentos y lectura individual de 200 fibras; llenar ficha estadística y confeccionar fibrograma y curva de frecuencias. Sobre la longitudinal (fibras dispersadas con acetona), recuento de *escamas* por milímetro, en 100 fibras.

B,6. En el dinamómetro de fibras, *resistencia* y *elasticidad*.

B,7 Determinación del *número* o *finura* de las fibras, en *tex*, aparato de doble corte y pesada consiguiente o por cálculos, a partir del diámetro ya conocido y de la densidad (B,3), o suponiendo ésta igual a 1,31 (que no siempre es cierto).

B,8. Determinación del *coeficiente de hilabilidad* y de los *gramos por «tex»*, o resistencia específica, por cálculos a partir de los datos anteriores.

Las determinaciones gravimétricas y dinamométricas se deben realizar dentro del ambiente normalizado, luego de haber permanecido en él las muestras, doce horas como mínimo.

6. MÉTODO DE ESTIMACIÓN

Su fórmula práctica

Expuesto en líneas generales cuál es nuestro criterio respecto de las clasificaciones de lanas existentes y de la que se propone como única internacional, y cuál es en principio el método de estimación que consideramos más adecuado por tener en cuenta, no una, sino varias de las características que definen una lana, los trabajos analíticos que hemos desarrollado y a que ya hemos hecho mención, nos mantienen en nuestra idea.

Puestos a establecer una clasificación, de la que no somos partidarios, ya hemos señalado en el capítulo 2.º y en el CUADRO DE CLASIFICACIONES DE LANAS, dos escalas que nos parecen más racionales que las actuales, aunque tampoco nos satisfacen. Pero aún consideraríamos mejor, si ha de ser el diámetro, la finura de una lana, la única característica que guíe su distinción, no establecer tipos en absoluto, sino designar cada lote por su diámetro medio, en micras o por su finura media, en *tex*.

Conocemos cuántos inconvenientes nos ha de oponer la rutina de la industria, acostumbrada a la cómoda tarea de distinguir las lanas por experiencia de los sentidos y hasta geográfica. Son análisis laboriosos los que nuestro método exige, pero que dan una idea exacta de las propiedades de un lote. Y si la lana, lo mismo que otras materias textiles, se acondiciona a efectos de sus transacciones comerciales con el fin de no satisfacer mayor importe del que corresponda; si un joyero, por experto que sea, no deduce «a ojo», sino mediante análisis, la ley de una aleación, y, si los abonos, por ejemplo, o cualquier otro producto, son analizados químicamente para determinar su riqueza y comprobar si su precio es o no justo, mayormente debe recurrirse a los análisis en la lana, de tan alto precio hoy día; y bien vale la pena en una partida de cierta importancia sufra-

gar los gastos de laboratorio para encontrar su verdadera apreciación o estima.

No pretendemos que este método que propugnamos sea definitivo, sino más bien una base de discusión para poder llegar más adelante a encontrar un método perfecto, o, al menos, de una eficacia que satisfaga por igual al ganadero y al industrial. Se ha presentado anteriormente una fórmula convencional, que va a dar por ahora nuestro índice, nuestro coeficiente de estimación o valía de una lana. Quizá convenga modificarla en el sentido que su empleo aconseje o se estime conveniente por acuerdos colectivos. También deberán ser objeto de estos acuerdos los porcentajes de influencia en la estimación, que allí hemos fijado un poco ligeramente. Pero siempre este índice nos conducirá de una manera rápida al precio de una lana, y para las cotizaciones de un mercado bastará fijar un solo precio, el de la lana patrón (que ya hemos advertido que puede o no ser completamente ideal), del que se deducirán todos los demás.

De la misma fórmula, y por lo dicho en páginas precedentes, el primer paréntesis, que comprende una suma de seis términos, encierra la mayor parte de los parámetros esenciales y constituye una estimación técnica o índice de calidad; representado por C, es

$$C = \frac{0'4 \,.\, d_0}{d \,.\, (1 + V_d)} + \frac{0'3 \,.\, l}{l_0 \,.\, (1 + V_1)} + \frac{0'05 \,.\, 0}{0_0} + \frac{0'1 \,.\, A}{A_0} + \frac{0'05 \,.\, r}{r_0} + \frac{10}{100 + p}$$

Y entonces, el coeficiente total de estimación, π, que denominamos índice de tasación o valía, por la influencia directa que tiene en el precio, tiene la siguiente fórmula práctica:

$$\pi = C \,.\, (60 + 0'4 \,.\, o) \,.\, \frac{\rho}{100} \;;$$

donde C conviene haber calculado por separado.

Pero ya al aplicar esta fórmula general a los resultados obtenidos en los análisis que hemos llevado a efecto, hemos encontrado que el término correspondiente a la presencia de pelo, no acusa demasiado este defecto. Hemos pensado que actúe no como sumando, sino como factor; pero entonces afectaría a la totalidad del índice. Y como existe una gran diferencia entre que una lana carezca en absoluto de pelo, y que lo posea, aunque sea en pequeña escala, este escalón es preciso que sea acusado, por lo que hemos modificado el término, que continúa siendo un sumando del índice de calidad y que es ahora

$$0'1 \,.\, \frac{100 - 5 \,.\, p}{100} \,.$$

De esta forma, en cuanto aparece una pequeña proporción de pelo, el término decrece más rápidamente que en la forma anterior; y llega a tener valor negativo tan pronto aquélla pasa de un 20 %.

Para la lana patrón, que debe servir de comparación, hemos supuesto los siguientes parámetros (debe carecer totalmente de pelo):

$$d_0 = 20 \qquad V_{0d} = 0'1$$
$$l_0 = 100 \text{ mm.} \qquad V_{01} = 0'1$$
$$o_0 = 10 \text{ ondas/cm.} \;;\; A_0 = 50\,\% \;;\; r_0 = 10 \text{ g/tex}$$

Puesto que suponemos que esta lana patrón no es absolutamente perfecta en cuanto a su regularidad, ya que admitimos unos coeficientes de varación unitarios de 0,1 (del 10 %), tanto para el diámetro como para su longitud, precisa modificar en este sentido los dos primeros términos, que estaban dispuestos para una lana completamente regular. Con todo esto, el índice de calidad debe ser ahora:

$$C = 0'4 \,.\, \frac{d_0 \,.\, (1 + V_{0d})}{d \,.\, (1 + V_d)} + 0'3 \,.\, \frac{l \,.\, (1 + V_{01})}{l_0 \,.\, (1 + V_1)} + \frac{0'05 - 0}{0_0} + \frac{0'1 \,.\, A}{A_0} + \frac{0'05 \,.\, r}{r_0} + 0'1 \,.\, \frac{100 - 5\,p}{100}$$

Y teniendo en cuenta las constantes de la lana patrón, la fórmula práctica para el índice de calidad, se convierte en

$$C = \frac{8'8}{d \,.\, (1 + V_d)} + \frac{000'33 \,.\, 1}{1 + V_1} + 0'005 \,.\, o + 0'002 \,.\, A + 0'005 \,.\, r + \frac{100 - 5\,p}{1000}$$

Las lanas pardas o grises, que serán también estimadas por este método general, añadirán además un factor de depreciación que se fijará adecuadamente, porque siempre su aprecio viene rebajado por la coloración que tienen.

Siguiendo este método de estimación, una lana en transacción deberá ir acompañada siempre de su boletín técnico correspondiente, expedido por Centro autorizado; y en el enunciado de la lana que en él se haga, deben constar muy claramente los parámetros esenciales o típicos, y quizá también los valores que alcanzan los seis términos del índice de calidad; naturalmente, deben consignarse, éste último, el rendimiento y la apreciación personal, y la valía o coeficiente de tasación.

Mayo 1950.

BIBLIOGRAFÍA

ANDERSON (S. L.) y PALMER (R. C.): «The effect of non-circular cross-section on fibre diameter measurement of wool by the profile method».—T. C. Proceedings, F. L. I., 1947.

BORELLA (A): «Notas sobre la medición de la longitud de las lanas por el procedimiento de las tres pinzas». *Textil*, Lisboa, marzo 1949.

BORELLA (A.): «Medición del diámetro de las fibras e hilos de lana».—*Anuario Técnico de la Industria Textil*, de Roda Roda, 1950.

BARKER (C. G.): «Wool quality; a study of the influence of various contributory factors, their significance and the technique of their measurement».—London, 1931.

CAULASA: «Un ensayo de adaptación de ganado merino en el litoral cantábrico de España».—Madrid, 1949.

Com. Esp. Norm. Textil: «Estudio sobre la necesidad de llegar a una clasificación unitaria de las lanas y modo de establecerla».

CUENCA (C. L.): «El problema lanero español».—Inst Biolog. Animal, 1940, 1942.

HARDY (J. I.): «New device for determining wool fineness».—Tex. Research 3, 1933.

HARDY Y WOLF (H. W.): «Cross-section-area method for determining density of wool fibers».—U. S. Depart. Agric. 654, 1942.

HUBERTY (A.): «Note concernant la mesure de la longueur des laines par la méthode des trois pinces».—T. C. P., F. L. I., 1947.

LAROSE (P.): «An aid to the measurement of fibre diameter».—T. C. P., F. L. I., 1947.

LOUW (J. D.) y MARX (F. E.): «Note on a method of measuring depth of crimp in wool fibres».—T. C. P., F. L. I., 1947.

MILLARD (F.) y ROEHRICH (O.): «Méthode combinée d'appreciation de la longueur et de la finesse des fibres de laine peignée». T. C. P., F. L. I., 1947.

Normas alemanas DIN para la determinación de la finura de las fibras.

Technical Committee Proceedings, de la Federación Lanera Internacional: «Determination de la longueur des fibres dans les rubans peignées». 1947.

T. C. P., F. L. I.: «Description of modified method W. I. R. A. of determining fibre length and gravimetric diameter». 1948.

BLANXART: «Materias Textiles».

BORRINO: «Filatura della Lana Cardata e Pettinata».

FAUX (L.): «Transformation des laines brûtes en fils peignées».

MATTHEUS: «Textile Fibers».

TONELLI: «Fibre Tessili».

Interviene el Sr Barella (D. Alberto), miembro del Comité Técnico de la Confederación Lanera Internacional, para expresar la conveniencia de fijar normas de aplicación para ser presentadas a dicha Confederación, lo que es aceptado por los reunidos.

A continuación, se lee el siguiente:

GRUPO X
SECCIÓN 2.ª

N.° 121. - Movilización industrial

Autor: D. LUCIO CERDÓ PUJOL
Coronel de Artillería

RELACIONES DE LA INDUSTRIA CON EL ESTADO

Movilización industrial

I

Todas las noticias recogidas de las diferentes fuentes de información, a las que es posible asomarse, coinciden en resaltar la colaboración constante y eficaz de los técnicos, tanto investigadores como aplicados a las diversas empresas, con los centros militares que tienen a su cargo los trabajos inherentes a la defensa del país o a las probables y futuras acciones bélicas.

Desgraciadamente predican, cual lo hizo San Juan, como en desierto, cuantos claman por una inteligencia feliz entre los hombres, que devuelva a la vida lo que debiera ser su plácido transcurrir y la libre de esta pesadilla constante del no saber cuál será la desventura más próxima, entre cuantas se consideran como fatalmente inevitables. Y de nada sirve el querer colocarse al margen, horrorizados de la marcha al abismo de casi todas las naciones, pues la vorágine de las conflagraciones mundiales a nadie ni a nada respeta, si, en un momento dado, se considera favorable a su causa cualquier acción, por injusta y tergiversadora de leyes que ella sea.

Y en mucha mayor escala habrá de producirse esta falta de respeto a cualquier país, si a la conveniencia aquella se une la debilidad del atropellado. Está esto tan en la mente de todos, que no hay por qué insistir.

Nace de todo ello la necesidad, imperiosa necesidad, de estar constantemente en tensión para los fines de defensa Nacional. Y éste es objeto principal de este modesto trabajo: intensificar, en todos los órdenes, el sentimiento del *elemental Deber* de estar no solamente *dispuestos*, sino también y siempre *preparados* para la labor que sea necesaria desarrollar si se presentan, como todo hace presagiar, nuevos días de prueba para la tan atormentada humanidad.

Si los Centros de Movilización tuvieran que iniciar sus relaciones con las empresas de interés Nacional, en el momento de la ruptura de hostilidades, se haría preciso un no corto lapso de tiempo para conocerlas, estudiar sus posibilidades y poner en marcha las fabricaciones convenientes. Esto no es admisible para los sistemas actualmente en uso en los conflictos bélicos, que no dejan tiempo, apenas, para pensar y en los que las decisiones han de tomarse con toda premura y con tremenda responsabilidad de los mandos; por todo lo cual, aquéllos que no estuvieran preparados, serán arrollados inexorablemente y en poco tiempo, con el colofón de sus industrias destruídas o en gran parte paralizadas y sin posible o al menos muy dilatada reacción.

Pero no solamente debe prestarse atención a los medios brutales que cualquier enemigo pueda emplear para destruir a los elementos industriales útiles a la defensa. Hay otros medios solapados, previstos y estudiados en la paz, con fría meditación, para entorpecer o anular la producción: sabotajes de todo orden en los elementos de la propia fábrica, en los medios de transporte, en el personal, en la consecución de las primeras materias necesarias y aún en los mismos productos, sofisticándolos o haciéndolos imperfectos, pueden ser acciones de estos incalificables sujetos de las quintas columnas que en su propio país, y por razones casi siempre crematísticas, son capaces de vender hasta su alma al diablo, si ello les produce algún momentáneo beneficio.

Urge, pues, con toda la fuerza de los hechos incontrovertibles, la necesidad absoluta de una constante relación de las Industrias con los Centros Militares de Movilización, que habrán de encauzar las posibilidades de la fábrica o empresa, librándola, en día aciago, de las consecuencias desastrosas de una apresurada improvisación; y preparando para los medios de defensa adecuados para defenderla, en cuanto sea posible, de tantos enemigos como habrán de acecharla en caso de guerra. No es pesimismo: son realidades que hay que conocer y afrontar valientemente.

Debemos hacer también aquí, aún sabiéndolo en muchos casos innecesario, un imperativo y cordial llamamiento a tantas inteligencias privilegiadas con que Dios ha dotado al suelo Patrio, para afirmarlas en todo momento en que un primordial deber, paralelo con el de laborar, por el bien del hombre, es el de pensar constantemente en el bien de España. La movilización de inteligencias es un hecho mundial innegable, que, en algunos países llamados libres, ha llegado incluso a la deportación de las personalidades científicas a lugares apartados de toda vida

normal, si ello se ha estimado preciso para los fines de carácter nacional. Si no sabemos llegar a sacrificios análogos, seremos desbordados por los avances de la ciencia; no podemos seguir su ritmo acelerado. El porvenir de cualquier país que a esta abulia se lanzara no podría ser más triste. Los descubrimientos avanzan en progresión geométrica. Y el desentenderse de ellos conduciría irremisiblemente al desprestigio y hasta al anulamiento del rango de una nación.

El mutuo conocimiento y el trato constante entre el personal de los Centros de Movilización y las empresas, sólo beneficios reporta para ambos, pero muy especialmente para los segundos. Ya que, si este conocimiento ha de proporcionar a los Centros la posibilidad de llenar su misión en forma más perfecta, al saber lo que puede «pedir a cada uno», es innegable que a las empresas, en las que pondera también el factor beneficio, el que se conozca bien su capacidad y posibilidades de producción y aún, por reacción humana natural, la simpatía mutua que se haya cultivado con aquel trato, ha de evitar el que se cometan errores en perjuicio de la empresa, torcidas interpretaciones, empleos inadecuados y choques y rozamientos que deben evitarse a toda costa con una bien orientada preparación.

Pocas o ninguna serán las actividades nacionales que puedan clasificarse al margen de un conflicto bélico. Las pasadas contiendas nos han demostrado que hasta quienes más apartados parecían de toda actividad guerrera, en una forma u otra, en ella han colaborado. Y así hemos visto a ancianos y famosos pintores y poetas, a los literatos y destacados artistas teatrales, conferenciantes, etc., aportar toda su actividad a los planes de la propaganda —la nueva arma— tan copiosamente prodigada, o sencillamente, a entretener a los soldados en sus escasas horas de permiso o solaz.

Es preciso abandonar, por pernicioso, el criterio de esperar hacerlo todo al presentarse el conflicto. Será prudente escarmentar en cabeza ajena, recordando los enormes sinsabores y vidas sin cuento que fueron sacrificadas, en la pasada guerra mundial, a la falta de preparación. De este delito de incomprensión —hoy en día en que tantos delitos de guerra se han investigado— no se ha hablado apenas. Es más, se ha considerado como un mérito singular al llegar, siempre en plazos grandes, a unas organizaciones de victoria, que, de haberse implantado a tiempo, no solamente habrían costado muchos miles de millones menos, sino que hubieran evitado ríos de sangre, invasiones y destrucciones sin cuento, muchas de ellas irreparables. Ahora parece rectificarse aquel gran error; pero fueron precisas muchas catastróficas experiencias para abrirles los ojos. ¡Es tan grato adormilarse en las dulzuras de la paz! Y, sobre todo, es tan poco favorable a las personalidades políticas el proponer sacrificios y trabajos a sus electores cuando el peligro está lejos.

¡Ah!; pero después suena el aldabonazo de la guerra total, con todas sus tristes realidades; y se impone la movilización de todas las energías, y la creación de cuantas se pueda *improvisar* ¡*siempre improvisar*! y es entonces cuando se amontonan las dificultades, cuando nacen los egoísmos de asco, cuando hay que instruir, encauzar, dotar, instalar precipitadamente nuevos centros, requisar sin orden ni concierto, amenazar, castigar... y pagar lo que sea y como sea. Y, entre tal barullo, raro será que no pululen las hienas: que los procesos, investigaciones y el echar tierra de las postguerras son demasiado conocidas de todos y se han comentado tan profusamente que huelga todo insistir.

De cómo la estructuración industrial bien ordenada de un país puede cambiar la faz del mismo ante el mundo, nos la da la propia y hoy tan temida Rusia, si comparamos lo que era al principio del último conflicto, con lo que fué al final. Y lo más extraordinario es que se lo dieron todo hecho sus probables enemigos del futuro: invadida, medio vencida y sin elementos de guerra que oponer a la Wehrmacht, fué dotada sin limitación, ante tal crisis, por Norteamérica y organizada por los técnicos aliados con tal lujo, que poco ha tenido que poner de su parte para conseguir su poder actual. Recordemos las cifras confesadas por el propio Leo Crowley, jefe de suministros de Norteamérica, que, para un solo trimestre de 1943, nos habla de haber enviado a Rusia 195.000 camiones, 30.000 coches ligeros, 8.000 aviones, 5.000 carros de combate y 20.000 vehículos de otras variadas clases, aparte del material de guerra, cañones, armamento y municiones, que no concretan quizá asustados de su propia obra. 20.000 millones de dólares fueron gastados en instalar fábricas en Europa. Pensemos en cómo estaba Europa entonces y deduciremos *dónde* se montaron en su mayoría, y dónde siguen hoy, perfeccionadas y manejadas por tantos desdichados técnicos, deportados de sus patrias y separados de sus ocupaciones normales, para servir al comunismo, o sea, al arma del poder judío-masónico, en su plan de dominación mundial.

Conocido de sobra es cuanto se hizo en España durante la Guerra de Liberación y en el aspecto de Movilización de las Industrias. El mismo Generalísimo lo ponderó el día de Santa Bárbara de 1938 con palabras tan de agradecer y que bastan para premiar toda una labor: «En el orden técnico, el día que se sepan los detalles de vuestra labor, el mundo quedará asombrado y la Patria se sentirá orgullosa.» Nada puede añadirse a este elocuente elogio. Pero sí puedo decir que casi todo hubo de improvisarse, gastándose mucho tiempo y energías constantes en poner en producción tantas industrias. Y ello no es extraño. ¿Qué podía pedirse a aquellos políticos de turno o a los trituradores de Ejércitos?... Fango, sangre, lágrimas...

Es preciso, pues, intensificar virilmente, para huir de tanto sinsabor como llevamos expuesto, el interés por los trabajos preparatorios de la movilización, por el bien de las propias industrias y por el bien de España.

II

Sentada la premisa de la conveniencia total del mutuo conocimiento entre los Centros de Movilización y las empresas, surge inmediatamente la cuestión de que los primeros deberán conocer todos los datos que afecten no solamente a la Industria «tal cuál es», sino al cómo «puede llegar a ser».

Sin Industria —es axioma ya— no hay Ejército. Este será lo que aquélla consiga hacerle, con sus dotaciones de cuantos elementos son indispensables para sus acciones tácticas y logísticas, y para su vida en los frentes de batalla. Es inútil forzar si sólo se dispone de hombres —como ocurrió en Rusia— la formación de unidades, que sólo serán sumandos en los desfiles de las columnas de prisioneros, pues no debe exigirse jamás al hombre más de lo que puede dar, aun llamando a esto el heroísmo, que siempre dió el soldado español. Si no existe la con-

cordancia Ejército-Industria, los males serán sin cuento e irreparables. *Si se desconocen las necesidades del Ejército y el modo cómo han de ser cubiertas*, el fracaso será total. Tampoco en esto falta la experiencia, pues una gran Nación, por pecar de aquellos desconocimientos, hubo de lanzarse a ordenar fabricaciones y adquisiciones poco calculadas, produciéndose desequilibrios, por defecto o por exceso, de gran envergadura. Igual pasa si no se tienen bien establecidas las calidades y tolerancias en la fabricación: y no sería nuevo el caso de Industrias que, al verse desatendidas por el Estado, se lanzaran a fabricaciones más o menos legales, con acaparamientos innecesarios y sus consecuencias de carestía o de imposibilidad para otros establecimientos.

El gobierno del personal técnico y obrero es también indispensable para una acertada distribución del trabajo y la evitación del encarecimiento o de una elevación, contraproducente al fin, de sueldos y jornales, como tantas veces la práctica ha mostrado.

Hay que emplear a cada entidad en lo que se deba para conseguir una producción perfecta. Y ello sólo es posible conociéndola los Centros de Movilización al menor detalle. Caso contrario, no será raro el tener que abandonar fabricaciones, después de varios intentos, o que los rendimientos sean muy inferiores a los calculados, en cantidad o calidad.

De aquí que estén interesadas las Industrias en proporcionar a los Centros de Movilización, cuantos datos faciliten el que éstos —en su relación con el Organismo Central del cual habrán de recibir las directrices generales— puedan realizar la ingente labor que tienen reservada, de organizar las industrias de sus regiones para los supremos fines de defensa.

Como ejemplo de datos a proporcionar por las empresas, adjuntamos una lista, que ya hemos preconizado en otros trabajos, pero que, sin duda alguna, habrá de ser mejorada por la inteligente aportación de los elementos rectores de los establecimientos movilizados.

III

De nada serviría el tener preconcebido en qué emplear a cada entidad, si, en el momento de ponerla en marcha como movilizada, tuvieran que crearse todos los elementos de producción, en su nueva modalidad, o sea, para los fines de su movilización.

Remacha esta necesidad la consideración de las inevitables dificultades que, en tiempos de guerra, habrán de presentarse para dotarla de utillaje, no solamente en cantidad, sino en la calidad deseada, pues siempre ésta suele decaer. Y no digamos en cuanto a los precios que entonces habrá que pagar, si, como suele ocurrir, se organizan los «estraperlistas» para proporcionarnos lo que necesitemos sin demora, al precio que marque la eterna ley de oferta y demanda.

Infinitos ejemplos podrían citarse en los que la falta del utillaje, muchas veces complicado, retrasó lamentablemente la entrega de material. En definitiva y en conjunto, todos aquellos emplazamientos a plazo largo, de los políticos aliados directores de la guerra, para llegar a la Victoria, no eran más que confesiones de la imprevisión sufrida, al no tener pensados y en posibilidad, los aprovisionamientos de las unidades a toda prisa creadas. Existían hombres, pero no armas. Y casi todo lo tuvieron que improvisar.

Pero, repetimos, ¿cuántos murieron o sufrieron a causa de tal estado de cosas? ¿Cuántos edificios y aún ciudades enteras cayeron destruídas? ¿Cuántas invasiones, incautaciones y humillaciones sin cuento, tuvieron que sufrir?

Una bien orientada previsión ha de partir, como decíamos antes, de tener previstas y estudiadas las necesidades que surgirán al crearse las unidades movilizadas. Conocidas aquéllas, tener previsto dónde, por quién y con qué elementos se podrán llenar, sin olvidar que, en los primeros momentos, se sustraerán muchos obreros de sus ocupaciones normales, por efecto de los hombres necesarios en filas y que después, al producirse las bajas naturales, habrán de aumentar estas dificultades de personal, dado que cada mando, por ley humana, suele aferrarse al punto de vista de sus necesidades; y se necesitará un elemento rector que las atienda en el orden de prioridad que aconseje el bien de la Nación. Todo ello, aparte de los cambios que la marcha del conflicto pueda introducir en la producción: ocupación o destrucción de fábricas, aislamiento de las zonas en que están ubicadas, organización de nuevas unidades o cambios en la de las mismas y otros factores; pero aquí ya no es posible prever con tanta antelación.

Fijados los talleres o entidades que han de producir los elementos necesarios y las cantidades a conseguir, en un primer tanteo de distribución, asoma inmediatamente la relación del Centro de Movilización con la entidad, para que ésta confirme la posibilidad de producción o exponga cuantas consideraciones le sugiera su patriotismo y la salvaguardia de su buena marcha, con todos los esfuerzos orientados a conseguir una perfecta producción y de aumentarla si ello se hace necesario.

Nace así, como primera premisa, la necesidad de contar inmediatamente, con los planos, plantillaje, modelos, utillaje y primeras materias necesarias para una rápida implantación de la fabricación ordenada. Misión ardua y complicada, pero que han de llenar las fábricas genuinamente militares y los Centros de Movilización, lo que constituye una de sus mayores razones de ser, a las órdenes de la Dirección General de Industria y Material, rectora Central y en contacto con el Mando supremo.

Ya en su poder aquellos iniciales elementos, en los que habrá de constar con todo el detalle posible el proceso de fabricación, con todas sus operaciones, tolerancias, materias a emplear, tratamientos, etc., será labor a realizar por las entidades el acoplamiento de su fabricación normal a la nueva ordenada, estudiando las modificaciones que quizá tendrá que introducir en sus instalaciones, adaptación de su utillaje y reposición del mismo, adquisición de primeras materias o solicitud de las mismas, nuevas máquinas que pueda necesitar o posibles sobrantes, lubrificantes, combustibles, energía necesaria y posibilidades de adquisición, sin olvidar los medios de transporte que pueda necesitar. Todo ello en contacto con los Centros o Comisiones de Movilización, para la resolución de los problemas que puedan presentarse y porque, en muchos casos, podrá facilitarles elementos insospechados, con gran beneficio de su labor.

La práctica realizada en nuestra Guerra de Liberación nos permite afirmar que bien archivados y controlados por frecuentes recuentos e inspecciones todo el material de plantillas, utillaje, modelos y procesos de fabricación, es cuestión de poquísimas horas el emprender o reanudar fabricaciones que puedan hacerse precisas. En cambio, resulta desesperante el ver trans-

currir los días, cuando desde los frentes acucian, en la preparación de un complicado utillaje, de fresas especiales, por ejemplo, necesario para la fabricación complicada de una pieza de ametralladora, de un cañón, de un motor de aviación...

IV

Resulta obvio decir que de nada serviría el tener bien dispuesto cuanto llevamos apuntado, si no se cuenta con las materias necesarias para la cosa a producir.

De aquí que sea misión preparatoria de toda Movilización Industrial el tener organizados los «stoks» de materias a utilizar, tanto en cantidad como en calidad, muy especialmente de aquéllas que, por su escasez, puedan ser motivo de dificultades de adquisición, ocultación, agios, etc. Y todo con la idea de asegurar el consumo, no solamente durante lo que se prevea ha de durar la campaña, sino para una imprevista prolongación de la misma. En algunos casos complicará el problema el tratarse de productos de importación, ya que habrá que contar con las naciones productoras. Ello lleva de la mano tener previstos los substitutivos y calidades de productos que proporcionarán, dado que éstas pueden obligar a aumentar la producción.

La recuperación habrá de ser misión de los Centros de Movilización o Juntas de fabricación de Material de Guerra. Interesa, sin embargo, y grandemente a las empresas, por cuanto puede ser fuente de primeras materias, muy abundante y económica.

Punto fundamental a estudiar también es la cuestión transportes, no solamente en sus medios, sino también en los tiempos necesarios para efectuarlos, que pueden cambiar radicalmente por incidencias de la guerra y que han obligado, obligan y obligarán en muchos casos a cambiar o adaptar los trazados de las líneas de comunicación a las necesidades estratégicas y logísticas y cuyo empleo habrá de tenerse previsto también para los fines de la guerra, no olvidando que las comunicaciones suelen ser objetivo predilecto de las aviaciones y artillerías contrarias.

V

Al poner en marcha las fabricaciones de guerra es más que probable, y la práctica lo demuestra, que surja la posibilidad de empleo de subproductos interesantes o fabricaciones accesorias que puedan resultar de gran utilidad.

Hemos querido llamar la atención sobre este extremo, porque en la guerra ningún sumando es despreciable, dentro de la suprema voluntad de vencer, base del éxito. Y por ello no han de dudar las entidades en ofrecer a las Comisiones de Movilización cuanto puedan emplear o producir, que crean puede ser útil. Es más: deben extremar su celo y actividad a la consecución de lo mismo. Como ejemplo citaremos el de una entidad dedicada durante el Movimiento Nacional a la fabricación de ametralladoras, que, enterada del apuro para conseguir matrices de conificación de cartuchería, pieza delicadísima, con la mayoría de tolerancias cero, lo que determinaba el silencio de un número grande de ametralladoras en los frentes, resolvió el problema con su ofrecimiento y en sólo tres días, anulando una grave dificultad y prestando sin igual ayuda a los combatientes.

Conocedoras las Comisiones de Movilización de la existencia de los subproductos o de la posibilidad de conseguir fabricaciones secundarias, dentro de las principales que tengan encomendadas, darán a aquéllas el destino conveniente y estudiarán el interés de las segundas, para resolución definitiva de la Dirección General.

VI

Utilísimo habrá de ser el que cada entidad, periódicamente, ensaye las movilizaciones a que pueda verse precisada. Ello pondrá de manifiesto las dificultades inherentes a la misma y hará buscar la manera de solventarlas, aparte de conseguir con ellas comprobar el plantillaje y el utillaje a tal fin destinado.

No habrá mejor práctica de movilización —naturalmente, no llevada a los extremos necesarios en la guerra— que la construcción de alguno o algunos de los productos a producir durante un conflicto armado. Las Comisiones de Movilización habrán de ser, en tales prácticas, en las que deben intervenir intensamente, guías constantes, orientando las fabricaciones y examinando y comprobando los productos.

Inútil es añadir que debe presidir en todo ello el mayor secreto posible. Todo son ojos para los servicios de información mundiales. Y por ello habrá de procurarse disfrazar, en cuanto se pueda, estas fabricaciones, lo cual es muy factible, en la mayoría de los casos, por el general y natural desconocimiento de los elementos internos, piezas sueltas, etc., del material de guerra. El enmascaramiento se impone en todo y la industria no podrá ni habrá de ser excepción, dedicando a ello —y en beneficio propio— todas las precauciones y desvelos.

Estas prácticas de movilización deberán realizarse bajo hipótesis de las diferentes situaciones en que puedan verse durante una guerra: fabricación tranquila, bajo ataques aéreos o con amputaciones en sus elementos de producción, lo que ponderarán las Comisiones de Movilización. Por éstas se establecerán las defensas, pasivas y activas, necesarias a la industria o a la zona de su asentamiento, si su importancia aconseja tal protección: Refugios, reacciones antiaéreas, máscaras, dispersión de la producción, falsos establecimientos que atraigan las acciones enemigas, etc.

Igualmente habrá que contar con la falta del personal que tenga que presentarse en filas, si bien y en este aspecto podemos afirmar que por las Zonas y los Cuerpos habrá de procurarse que no se produzcan colapsos en las fabricaciones o explotaciones de interés para la defensa nacional.

En estas prácticas, cada entidad deberá estudiar el destino que tendrá que dar a sus máquinas y el modo de conseguir las condiciones técnicas exigidas a los productos, así como las calidades de sus primeras materias para conseguir las fijadas en las fichas de producción. Igualmente la maquinaria sobrante, subproductos a obtener, modificaciones que podrían mejorar su rendimiento, energía necesaria y seguridad de disponer de ella, substitutivos posibles y transportes a realizar. No será raro que de una de estas prácticas nazca la conveniencia de rectificar acuerdos y misiones, emprendiendo otras fabricaciones más en consonancia con las posibilidades del establecimiento sometido a tales experiencias.

VII

Surge como inmediata consecuencia de las prácticas necesarias para que, en su día, la movilización no se vea entorpecida ni retardada por prolongados aprendizajes, la cuestión de los gastos que tales prácticas han de ocasionar forzosamente a las empresas, tanto por los materiales necesarios como por las remuneraciones del personal que en ellas tome parte, consumos de energía, desgastes de herramienta, parte de alquileres, contribución, etc., que, lógicamente, serán dedicados a aquella atención.

Podrían hacerse muchos razonamientos, y quizá pocos bastarían, para convencer a las empresas, de que en caso de guerra serían ellas las primeras beneficiadas, y no en pequeña escala, del haber realizado tales prácticas. Dejando a un lado el patriotismo que pueda significar tal aportación, ya que, de considerarlo, holgaría todo razonamiento, es indudable que el «estar dispuestos» habrá de evitar a las entidades efectuar un aprendizaje precipitado, que no será raro conduzca a fracasos y a ver sus trabajos rechazados por los técnicos del reconocimiento, con pérdidas grandes y con grave detrimento de las unidades a proveer o municionar. Todo esto es muy verdad y basta para considerar convenientísimas aquéllas prácticas; pero no podemos olvidar el agobio económico en que se desenvuelven muchas empresas y los gastos de todas clases que sobre ellas gravitan. Y por ello, preconizamos un sistema que la práctica, tan maestra en todo nos reveló como muy eficaz: Se dejará al arbitrio de las empresas el presentar o no presupuestos de gastos indispensables para las construcciones o prácticas a efectuar, según sus posibilidades se lo permitan y sin ninguna idea de que, el hacerlo o no, haya de influir en su prestigio o en el concepto que de ellas se tenga.

Este sistema ha dado buenos resultados. El interés siempre se suponía grande en dar facilidades. Quien podía lo hacía así. Quien no podía era remunerado. Paradógicamente parece injusto; pero, en realidad, es elevada justicia.

CONCLUSIONES

Como resumen de las anteriores y deslabazadas consideraciones, procuraremos concretar en unas pocas conclusiones lo que creemos que debe realizarse por las Industrias, para cooperar en todo momento a los fines supremos del Estado, bajo el aspecto de una posible Movilización Industrial:

1.ª Crear ambiente, espoleando el indudable patriotismo de las entidades, para que se preocupen por los problemas que puede presentar su movilización.

2.ª Conseguir que nazca de las propias entidades el interesarse, cerca de los Centros o Comisiones de Movilización de quien puedan depender, por la organización de su movilización en tiempo de paz. Ello, además, les proporcionará, en caso de conflicto armado, un sinfín de ventajas, de orden moral y económico.

3.ª Conseguir, en contacto con las Comisiones, el realizar periódicamente prácticas de movilización, creando una comprensión y conocimiento mutuos, que sólo ventajas habrá de proporcionar.

4.ª Difundir por todos los medios entre las empresas, que si resultan molestos tales estudios y prácticas, mucho más molesto será, si se presentan días aciagos, sufrir la destrucción o el desorden en sus fabricaciones, la falta de elementos para los combatientes o quizá, y Dios no lo permita, el oprobio de la ocupación y la esclavitud en que vemos debatirse a tantos pueblos.

5.ª Convencer de que el problema de la movilización es problema de vida o muerte para una nación en armas, y *que toda resistencia pasiva* a tenerla prevista y en forma es sencillamente criminal, porque hace traición a supremos y vitales intereses.

Todo por la Patria.

20 mayo 1950.

FICHEROS INDUSTRIALES A LOS QUE SE ALUDE EN EL ANTERIOR TRABAJO

Nombre de la entidad.
Provincia. Población. Dirección
Sucursales y su situación.
Personal directivo (nominal).
Idem de oficinas (nominal).
Idem representante en otras plazas (nominal).
Idem técnico (nominal).
Jefes de taller o equipo, con su especialidad (nominal).
Obreros de ambos sexos (numérico).
Detalles de la instalación.
Distribución y capacidad de locales.
Laboratorios.
Motores y energía disponible.
Consumos de energía, combustible y lubrificantes.
Detalles de la maquinaria, con las características de cada máquina.
«Utillaje» y su reposición.
Instalaciones auxiliares.
Primeras materias para su producción normal.
Límite máximo de producción para dos o tres turnos y primeras materias necesarias.
Subproductos y su destino.
Consumidores actuales de productos y subproductos.
Entidades suministradoras de la registrada.
Almacenes, situación y capacidad.
Elementos de transporte que utiliza, propios o extraños.
Estudios realizados sobre posibilidad de nuevas fabricaciones o ampliación de las existentes.
Escuelas y enseñanzas. Post trabajo.
Higiene y Sanidad.
Informe sobre la actitud social del personal.
Y todos aquellos otros datos que la misma organización patentice como de conveniente conocimiento.

No se presentan objeciones a este trabajo objeto de la lectura, y se continúa con la del siguiente, número 150:

N.º 150. - ¿Desintegración o integración? La investigación económica

Autor: D. JUAN M.ª SANDOVAL CAMPDERÁ
Ingeniero Industrial

INTRODUCCIÓN

Quizás porque los extremos se tocan, es corriente que casi todos los facultativos que ejercen intensamente su profesión se aficionen a una actividad distinta a la del trabajo profesional que ejecutan. No es extraño ver al médico, al abogado, al ingeniero, etc., sintiendo viva afición por la pintura, la talla, la música, la fotografía, la horticultura, etc., restando horas a su descansó; estudian y trabajan por afición en cosas distintas a sus habituales ocupaciones, que, por ley de contrastes, es, en cierto modo, descanso para sus espíritus.

Explicación de esto, es el conocido adagio: «De poetas y de locos, todos tenemos un poco.» Tras el prosaico y cotidiano trabajo profesional, y pese a la alegría del mismo para cuantos ejercemos con vocación nuestra carrera, necesitamos otra ocupación que poéticamente nos ilusione; siempre un ideal, más o menos elevado, complementa nuestra vida. Y, en general, después de su trabajo profesional, como sujeto, rara es la persona que en toda su integridad de tal, no sacrifique y consagre su vida a ideales, tras los cuales, es un mucho de poeta y un poco de loco; o viceversa, al decir de las gentes, cuando esos ideales son excesivamente grandes y grandiosos.

Pues bien, por lo que a mí respecta, razones poderosas me han hecho aficionarme a los estudios económico-sociales, que dado el enorme confusionismo existente en estas ciencias, contrastan muy acusadamente con los demás estudios cursados en la carrera. Coger un tratado de Economía en la actualidad, es adentrarse en una intrincada selva donde el pensamiento se nubla y la razón vacila. Tal es el cúmulo de teorías existentes, que la mayoría de los ingenieros, preparados con rigor científico muy severo en todos sus estudios, por falta de ese rigor, sienten una innata aversión hacia ellos.

Por regla general, en cuanto el ingeniero llega al convencimiento de que el objeto económico es el lucro personal y la máxima satisfacción de necesidades de los comerciantes, industriales y banqueros, a base de la prestación del trabajo y del dinero, a la producción y a su cambio en el mercado libre o intervenido, nada tiene que decir sobre economía; cede libremente el paso a los moralistas y a los políticos, convencido de que la ciencia económica es puro dilectantismo.

Al igual que muchos ingenieros, cursé con desgana la Economía, que, elevada a la categoría de ciencia, no se encuentra en ella nada de tal. Fué años más tarde cuando sentí el aguijón económico-social al frente de cientos de trabajadores, conviviendo con ellos y tocando muy de cerca sus insuficientes retribuciones y la ancestral lucha de clases, cuyos más agudos períodos he vivido en varios lugares, con responsabilidad de mando.

Y en ese terreno práctico, comprobé que la ciencia económica no existía tampoco. Sus teorías, están totalmente divorciadas de la cruda realidad económico-social; son los Estados quienes con una legislación laboral, al margen de esas teorías y en defensa del débil, intentan poner freno al desbarajuste existente en la actividad económica.

Más así y todo, creí que nada podía hacer, hasta que hace ya muchos años, un día mi llorada esposa (q. e. p. d.), en pleno período revolucionario, me pregunta: «Vosotros, los ingenieros, que inventáis y hacéis locomotoras, puentes, aeroplanos y tantas cosas, ¿por qué no inventáis y hacéis que las clases modestas puedan vivir decorosamente, sin necesidad de huelgas y de revoluciones»?

Confieso que me impresionaron mucho estas palabras, y fué tan contundente para mí la ingenua argumentación esgrimida, que empecé a desenvolver viejos y clásicos tratados de economía, llegando a aficionarme intensamente a los estudios económico-sociales.

Y después de revisar teorías, doctrinas y escuelas económicas existentes, llegué a la conclusión de que era preciso retroceder en la investigación económica —en vez de avanzar— para sentar sobre más firmes cimientos la Economía. Y que estos cimientos no podían ser otros que los mandamientos de la Moral Cristiana, rom-

piendo el divorcio y discordia existente entre las ciencias especulativas y las disciplinas del espíritu.

Sobre esa directriz y bajo los postulados básicos de la doctrina económica social-cristiana, siento los cimientos de la ciencia económica. Esta investigación completa y los derroteros a seguir para levantar sobre estos cimientos una verdadera ciencia económica, es el trabajo que tengo el honor de someter a este magno II Congreso Nacional de Ingeniería, después de recibir las cartas siguientes:

El Ministro de Educación Nacional

Madrid, 29 de diciembre de 1949.

Sr. D. Juan M.ª Sandoval Campderá.

Montesquinza, 46.—MADRID.

Mi distinguido amigo:

Tengo el gusto de acusar recibo de su carta de fecha 6 de los corrientes enviándome el Cuaderno núm. 1 de su trabajo *La Economía al alcance de todos* y le quedo muy agradecido por su atención. Solamente le he podido hojear y me ha parecido muy loable el propósito que le anima, por lo que le aliento a que prosiga en su benemérita tarea.

Atentamente le saluda su afectísimo,

Firmado: *José Ibáñez Martín.*

El Ministro de Asuntos Exteriores

Madrid, 20 de febrero de 1950.

Sr. D. Juan M.ª Sandoval Campderá.

Montesquinza, 46.—MADRID.

Muy señor mío:

Recibí oportunamente su atenta carta de 9 de diciembre último, con la que me acompañaba el primer cuaderno de su *Economía al alcance de todos*, que he tardado en examinar por mis excesivos quehaceres.

El planteamiento general de los problemas fundamentales de la Economía, a que se refieren los dos capítulos remitidos, me parece acertado, y el enfoque de las cuestiones técnicas a la luz de los principios morales es lo que más interesa a un sociólogo cristiano. Juzgo que es muy de alabar su intento, aun reconociendo que sea ambicioso, y por mi parte, me permito animarle a que continúe en su empeño, y mucho más bajo los auspicios del ilustre obispo de Málaga, tan bien orientado para esta clase de trabajos.

Le saluda atentamente su afectísimo,

Firmado: *Martín Artajo.*

Doy públicamente las gracias a los Excmos. Sres. D. José Ibáñez Martín y D. Alberto Martín Artajo por sus palabras de aliento en esta labor aislada, callada y sufrida que me he impuesto. Y fortalecido con tan elevados criterios y sin más ánimo que aportar mi modesto grano de arena a esta labor ingente y urgente que la Humanidad reclama, suplico, a través de este II Congreso Nacional de Ingeniería, el concurso de todos los hombres de ciencia del mundo.

Por lo que a España respecta, nación milenaria, pletórica de historia y tradición que antaño exportó sus leyes al mundo entero, no le ha de faltar la cantera de hombres ilustres en todas las profesiones que, con más valía y autoridad que yo, mejoren y perfeccionen esta investigación económica, elevando la Economía a la categoría de ciencia universal.

Es necesaria para la Economía su abstracción soberana en el orden ideal de las ciencias, para que, presidiendo las grandes producciones humanas el arte técnico utilitario, sean natural y justamente empleadas todas ellas en beneficio del Orden, de la Justicia y de la Paz social.

PLANTEO DEL PROBLEMA ECONÓMICO OBJETO DE ESTA INVESTIGACIÓN

La integración económica

Es crucial y angustioso el momento histórico que la Humanidad atraviesa, porque económica, política y socialmente está dividida en dos ideologías totalmente opuestas que, en lucha cruenta, sumen al mundo en el temor y la miseria. Abocados a un cataclismo mundial sin precedente en la historia del género humano con las dantescas torturas y crímenes inherentes a la loca lucha empeñada, es obligado titánico esfuerzo de todos los hombres conscientes para detener esta marcha del mundo hacia su destrucción total.

Pisoteados y escarnecidos por unos y otros los Valores supremos, pilares básicos de convivencia o vida social; guiados todos por pseudo-ciencias especulativas y jurídicas retorcidas a favor del más fuerte y prostituídas las ciencias de la naturaleza puestas al servicio del genio del mal, es necesario dar marcha atrás y revisar las ciencias del género humano empezando por la Economía, pues es básico lo económico, de lo político y de lo social.

Y como los dos primeros Valores supremos son la Verdad y la Justicia, investiguemos la Verdad económica y escrutemos sus leyes científicas para instaurar una verdadera Justicia.

Ardua es la labor y más esforzada que la de cualquier otra investigación científica, porque además de que el género humano es el más difícil objeto de investigación en el mundo creado, perfeccionar y embellecer un edificio con nuevas aportaciones es siempre más fácil que demolerlo totalmente y sobre más firmes cimientos levantarlo. Sólo así podemos aprovechar materiales de derribo de esta moderna torre de Babel, que alberga las más variadas y peregrinas concepciones del arte crematístico, capitalista o comunista, más o menos romántico y equivocado.

Se efectúa la revisión de la actual ciencia económica bajo la luz vivísima de los postulados básicos de la doctrina económica social-cristiana que uno a uno se expondrán. Y como no podía menos de suceder —pues en el término medio está siempre la Verdad y la Justicia— entre el Capitalismo y Comunismo como doctrinas económicas irreconciliables y antagónicas, la doctrina económica social-cristiana es término medio con la virtud de «*dar a Dios lo que es de Dios y al César lo que es del César*».

Por el contrario, el Capitalismo olvida que el César en Economía es el sujeto que trabaja y produce, pues no sólo es máxima divina, sino también Ley natural y humana: «Ganarás el pan

con el sudor de tu frente», y mientras el Comunismo reniega de otro precepto moral: «*No sólo de pan vive el hombre*»; se niega a dar a Dios lo que es de Dios.

He aquí condensadas en pocas palabras las grandes equivocaciones que sufren Capitalismo y Comunismo, y sobre falsos cimientos, entonces, se levanta la ciencia económica con teorías y escuelas, cuanto más elevadas más ruinosas, por mucho que las embellezcamos con copiosos dilectantismos y geniales criterios personales que pueblan la inmensa literatura económica existente.

Esta es la realidad palmaria de la investigación económica: falsos cimientos. Es preciso, como decimos, dar marcha atrás y conjugar perfectamente los dos principios básicos de la vida natural y moral del género humano: «Ganarás el pan con el sudor de tu frente» y «no sólo de pan vive el hombre». Bajo el primer principio, el hombre es sujeto con una vida natural terrena, sobre el cual se levanta una economía social, porque socialmente trabaja y se gana el pan. Pero, además, bajo el segundo principio: «No sólo de pan vive el hombre», el hombre es persona, que moralmente debe vivir acatando las disciplinas del espíritu condensadas en la Sociología y en la Moral Cristiana.

La Economía, como ciencia, no debe investigarse y aplicarse en divorcio o discordia con estas disciplinas del espíritu. Es preciso que acate la Sociología y la Moral Cristiana en donde el hombre, además de sujeto, es persona, y las naciones, además de sociedades de sujetos apegados a la vida terrena, son sociedades de personas con un destino común en lo universal: el de dar a Dios lo que es de Dios. Lo contrario es provocar y crear en cada ser racional complejo monstruoso de sujeto y de persona que, en desacuerdo consigo mismo, sufre los tormentos del hambre y sed de justicia como sujeto, si como persona estima y acata los valores supremos morales: Bondad y Belleza.

En resumen: mientras la Economía social-cristiana pregona la íntima unión en cada ser racional de su condición de sujeto y de persona con la supremacía de la persona portadora de Valores eternos, Capitalismo y Comunismo, por el contrario, exaltan el sujeto y olvidando o negando, respectivamente, la personalidad suprema del ser racional le convierte en monstruoso enano con pies de gigante. La doctrina económica social-cristiana repudia esta concepción deforme del hombre, y de la vida social diciendo: *La comunidad de sujetos al servicio de la comunidad de personas, que fieles al ideal supremo de Moral Cristiana, en grado heroico sería la Comunión de los Santos.* Éste y únicamente éste es el científico y verdadero comunismo integral del género humano, en donde la ciencia económica debe conjugar perfectamente la libertad individual pregonada por el liberalismo con la solidaridad social defendida por el socialismo; señala fronteras a la libertad para que no degenere en libertinaje y a la solidaridad para no dominar y subyugar la voluntad humana, su libre albedrío y la fuerza de su razón, factor cumbre de su personalidad, a la sinrazón de la fuerza.

Condensamos todos los postulados de esta investigación económica en el siguiente: «La Humanidad constituye un todo unitario de generaciones presentes, pasadas y futuras, con un cuerpo social del que Cristo es la cabeza y cada uno de nosotros sus miembros. Existe entre los miembros una solicitud mutua y continua, a fin que la abundancia de unos supla la indigencia de otros» (San Pablo).

LA INVESTIGACIÓN ECONÓMICA

PRIMERA PARTE

CAPITULO I

RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA ECONÓMICO OBJETO DE ESTA INVESTIGACION

La economía es ciencia: trabajo profesional

Trabajo y producción.—Todos los seres corpóreos existentes en el Universo poseen energía y materia; esta energía que poseen almacenada se denomina *energía potencial* para diferenciarla de cuando está actuando, o *energía actual*, que gastan. Si definimos: «Gasto, es la cantidad de energía actual que un ser corpóreo pierde en una unidad de tiempo», el gasto total depende del tiempo que ha durado el gasto. Y mientras todo el tiempo de gasto se dice que el ser corpóreo está «en acción», al finalizar el mismo tenemos un efecto de gasto total o de energía perdida por el ser corpóreo.

A esta acción o efecto de gastar energía un ser corpóreo se denomina trabajo. Así se dice que trabaja el agua, las máquinas, las tierras del cultivo, los animales de carga y tiro y el género humano en general cuando están «en acción», o sea, gastando energía física, química, biológica, sensitiva o racional que poseen. El agua, las máquinas, las tierras, los animales y el género humano si están «en acción» ejecutan un trabajo; cuando cesa la acción el efecto es una cantidad total del trabajo ejecutado.

Definiremos pues: «*Trabajo es toda acción o efecto de gastar energía actual un ser corpóreo cualquiera*». Para que un ser corpóreo pueda continuar gastando energía actual, o sea, trabajando, es forzoso que la reponga. Tal hace el género humano mediante la alimentación y el descanso; la maquinaria movida por motores receptores de energía; las tierras fertilizadas por el barbecho y los abonos, etc.

A su vez, acción y efecto del trabajo es la denominada «Producción», o sea: «*Producción es la acción o efecto de trabajar un ser corpóreo cualquiera sobre el mismo o sobre otros cuerpos*». Entre trabajo y producción existe la relación de causa y efecto. El trabajo, de cualquier clase que sea, es la causa, y la producción, de cualquier clase que sea también, es el efecto. Trabaja el ser corpóreo como sujeto y produce un objeto material o inmaterial. Así el agua, las máquinas, las tierras, los animales, cuando trabajan producen algo, y producción es indistintamente, tanto la acción como el efecto de trabajar.

Por el trabajo de todo el género humano y el concurso de todas las demás energías y materias existentes en el Universo, tenemos producciones materiales, como la producción agrícola e industrial; e inmateriales, como el comercio, los transportes y comunicaciones, la administración de la justicia, el mantenimiento del orden social y político, la enseñanza, el culto religioso, etcétera.

Todas, absolutamente todas las ciencias se basan, como dijimos, en una energía; mas siendo la energía desconocida en su esencia, con más propiedad diremos ahora que se basan en sus manifestaciones, que genéricamente se denominan: trabajo físico, químico, biológico, sensitivo o racional, del género humano este úl-

timo. Pero al igual que el trabajo físico puede estudiarse bajo sus manifestaciones mecánicas, caloríficas, eléctricas, etc., en igual forma las demás clases de energías citadas pueden ser estudiadas bajo distintas manifestaciones o clases de trabajos ejecutados que darán lugar a otras tantas ramas científicas. Pero en todas, como hemos dicho, ha de haber un trabajo o gasto de energía actual como causa y razón de ser de la ciencia, si con propiedad el conocimiento es científico. Y unas producciones o efectos mecánicos, químicos, biológicos, económicos, etc, según la energía que estudie la rama científica.

Leyes científicas, naturales y morales.—En el Universo todos los seres corpóreos existentes trabajan y producen, siendo el trabajador la causa de todas las producciones o efectos producidos. Se define: «*Ley es toda regla o norma constante e invariable de las cosas, nacida de la causa primera o de sus propias cualidades*». Como es regla o norma constante e invariable de toda causa producir siempre el mismo efecto, la regla o norma que relaciona causa y efecto se denomina ley. Y es ley también la regla o norma constante e invariable de una cosa, nacida de sus propias cualidades.

Ley es siempre, pues, toda regla o norma constante e invariable de las cosas, bien considerándolas como efectos de una causa, o bien en sí mismas por el «modo de ser» de las cosas. Las primera son leyes del trabajo (causa) y de la producción (efecto), y las segundas son leyes de la producción tan sólo escrutando su modo de ser independientemente de la causa de ese modo de ser. Pero en ambos casos son reglas o normas constantes e invariables de las cosas que la ciencia investiga, y por ello reciben el nombre de leyes científicas.

Como ejemplo de cuanto se expone, diremos que son leyes científicas las siguiente: «El trabajo mecánico desarrollado por un cuerpo en movimiento vale la mitad del producto de su masa por el cuadrado de su velocidad», «el agua a la presión ordinaria hierve a 100º». La primera Ley expresa una relación entre trabajo (causa) y velocidad imprimida a cuerpo de masa conocida (efecto), la segunda ley expresa un modo de ser del agua. Ambas son constantes e invariables; no puede imprimírsele a un cuerpo una velocidad mayor o menor independientemente del trabajo gastado para moverlo, ni puede hervir el agua a la presión ordinaria a una temperatura mayor o menor de 100º. Son normas constantes e invariables que, quiérase o no, se cumplen inexorablemente en la naturaleza. La segunda de estas leyes expresa *un modo de ser* del agua, que, como hemos dicho anteriormente, constituye el primer paso del conocimiento científico: «saber» el modo de ser de los cuerpos que la ciencia estudia, designándolos con palabras definidas con conceptos claros, precisos y distintos. Y por ser normas constantes e invariables son leyes científicas también estas cualidades o propiedades de los cuerpos.

El segundo caso del conocimiento científico es la investigación de lo que con más propiedad son leyes científicas: las relaciones entre causa y efecto, o sea, entre trabajo y producción. Estas leyes científicas de causa y efecto existen para el género humano, que en grado más elevado trabaja y produce. Mas como quiera que el género humano puede ser considerado como sujetos con vida natural, o como personas con vida moral, una primera clasificación de esas leyes científicas son: : *Leyes naturales* para todos los seres existentes, incluído el género humano considerado como sujetos, y *Leyes morales* exclusivas para el género humano, considerado como personas con vida sobrenatural y un destino inmortal.

Por lo que respecta a las leyes naturales de los seres corpóreos —desde los minerales a los seres humanos—, son muchas las que se conocen, pero desgraciadamente son muchas más las desconocidas y suplidas con simples normas o preceptos artesanos que la práctica o el buen sentido aconsejan. Y, por desgracia también, mientras a grandes marchas avanzan los descubrimientos científicos en la ciencia física de la partícula, del átomo y del electrón, apenas si dan un paso las ciencias del género humano, que, como la organización, la economía y la política, utilizan los avances de las primeras en poderosas armas de paro, miseria y guerras, cuando podrían y deberían ser recursos inestimables de bienestar común de la Humanidad.

En cuanto a las leyes morales de la vida espiritual del género humano como personas, difícilmente puede escrutar el hombre las leyes morales de su «modo de ser» como persona, pues el hombre conoce e investiga como sujeto, mientras el objeto de su conocimiento es la persona, superior al sujeto. Con una facultad de conocimiento inferior al de objeto de su conocimiento, este conocimiento es difícil, y máxime, dada la imponente majestad de la persona, superior a todos los demás objetos de posible conocimiento. Y la dificultad llega hasta el extremo de imposibilidad total y absoluta cuando el sujeto conoscente pretende escrutar las leyes morales de causa y efecto, pues siendo la persona el efecto y la causa Dios, Creador de todas las cosas, pretender conocer al Sumo Hacedor, Causa suprema, y deducir las normas constantes e invariables entre causa y efecto, es aún mayor el dislate que si el ser irracional pretendiese conocer el porqué o la causa de sus efectos como ser irracional al servicio del ser racional. El género humano, como personas hechas a imagen y semejanza de Dios, está a su servicio bajo sus mandatos divinos, como todos los demás seres existentes están al servicio del género humano, jerarquía suprema en el reino creado.

Bajo los mandatos de Dios las leyes morales sólo pueden ser *leyes reveladas*, en modo alguno escrutadas por la ciencia, y a tenor de la Revelación, creerlas o no creerlas es la única alternativa que tiene el hombre de ciencia. Es perder el tiempo lastimosamente razonar en favor o en contra, porque contrariamente a las energías físicas, químicas, biológicas, sensitivas y racionales de las que somos continente, frente a la razón y a la voluntad de Dios somos contenido. Y como contenido jamás podremos conocer el «obrar» y los designios de Dios; solamente podemos acatarle, reverenciarle y amarle sobre todas las cosas como impone el primer mandamiento de la Ley de Dios. La razón ha de ceder el paso a la fe.

Ciencia y arte. Arte técnico utilitario.—Se define la ciencia diciendo: «*Ciencia es el conocimiento de la esencia y propiedades de los seres (idealmente considerados), averiguando las relaciones de causa y efecto que tienen lugar entre ellos*». Esta definición de ciencia concreciona y resume cuanto hemos dicho sobre el conocimiento científico, que repetimos diciendo:

a) Todo conocimiento científico se basa en una energía en acción o actual que gastan los seres corpóreos ejecutando trabajo. Es decir, todas, absolutamente todas las ciencias se levantan sobre una u otra clase de energía física, química, biológica, sensitiva o racional, únicas existentes en el Universo creado, y con-

sideradas bajo distintos aspectos de calor, luz, electricidad, biológica, de las plantas, de los animales o de los seres racionales, sensitiva de los animales y de los seres racionales y racional de estos últimos, bajo los aspectos intelectual, volitiva de medio (sujetos), volitiva de fin (personas), etc. Cada una de estas energías existentes, y bajo un determinado aspecto de su obrar, da lugar a una rama de la ciencia.

b) Todas las palabras que constituyen el vocabulario peculiar de cada rama científica, deben ser definidas con conceptos claros, precisos y distintos que expresen la esencia y propiedades de los seres que se designan con estas palabras. Primer paso, como dijimo, para adentrarse en el campo de la ciencia.

c) Como quiera que la energía es desconocida en su esencia, pues únicamente conocemos sus manifestaciones y efectos, cuando realmente «obra» la ciencia averigua las relaciones entre causa y efecto, o sea, entre trabajo ejecutado y producción obtenida. Estas relaciones cuantitativas o cualitativas entre causas y efectos, se expresan mediante leyes científicas que la ciencia investiga y que rigen toda la ordenación natural del Universo entero en general, y moral, del género humano en especial, en su calidad suprema de personas.

Todo conocimiento humano que cumpla estas tres condiciones es conocimiento científico, tanto más hondo y profundo cuanto más avanza la ciencia, descubriendo nuevas leyes científicas o perfeccionando las existentes. Gracias a este conocimiento científico el hombre de ciencia contesta a mucho ¿por qué? de las cosas que tienen lugar en el Universo, como por qué llueve, por qué tenemos día y noche, por qué se mueve el automóvil, por qué estamos enfermos, etc. Pero desgraciadamente no puede todavía contestar el hombre de ciencia a otros muchos ¿por qué?, que el conocimiento científico no ha llegado aún a descubrir.

El arte se define diciendo: «*Arte es un conjunto de preceptos y reglas para «hacer» bien una cosa*». Y más concretamente, contraponiéndose a naturaleza: «*Arte es todo lo que se «hace» por industria o habilidad del hombre*». Al arte no le interesa el porqué de las cosas o el saber, sino el hacer bien las cosas a tenor de preceptos y reglas o por industria o habilidad humana. Si no se hace una cosa no existe arte, mientras que si no se sabe por qué puede o no puede hacerse una cosa, independientemente de que se haga o no, no existe ciencia. Y como la voluntad humana sólo se mueve tras una utilidad verdadera o tomada erróneamente como tal, mientras la ciencia camina investigando posibilidades o imposibilidades objetivas para el hacer en general, el arte hace en pos de una utilidad, subjetiva para el artista, de carácter estético, lucrativo, patriótico, etc., las denominadas Bellas Artes, como la pintura, la escultura, la música, etc., así como la moda, el juego, etc., sólo obedecen a normas o preceptos dictados a voluntad de los artistas y cambiantes a través de las épocas, países y circunstancias del momento. He aquí la básica diferencia entre ciencia, puro saber (teoría) y arte de hacer. Donde termina el saber en el orden ideal de la ciencia, empieza el hacer en el orden real del arte.

Eslabón que enlaza la ciencia y el arte, o sea, el saber y el hacer es el saber hacer, que da origen al denominado Arte Técnico. Técnico es el artista que hace, sabiendo lo que hace, por conocer y acatar leyes científicas. Técnicos son, en el ejercicio de su profesión, los ingenieros, arquitectos, economistas, abogados, etcétera, porque saben, porque hacen o dejan de hacer y las posibilidades e imposibilidades que leyes científicas les dicta. Este arte técnico es utilitario, como el Arte en general de los denominados prácticos, por oposición a los técnicos. Sólo las Bellas Artes suponen mayor desinterés utilitario al de los técnicos y al de los prácticos que, como artistas también, trabajan profesionalmente.

Como resumen de todo lo expuesto diremos: No existe ciencia ninguna que estudie la satisfacción de necesidades individuales y subjetivas de nadie; es el arte quien las satisface con arreglo a preceptos y reglas caprichosas, unas veces, y deducidas, otras, de la ciencia en la denominación Técnica científica o saber hacer. En el primer caso tenemos el Arte utilitario simplemente, y el segundo, el denominado Arte técnico utilitario. Y con vistas a un Arte técnico utilitario futuro puede decirse que todas las ciencias se estudian para satisfacer necesidades humanas, pero con utilidad científica, global y objetiva de la Humanidad en general y de nadie en particular. Mientras la ciencia enseña la posibilidad objetiva y universal para hacer bien las cosas, sin importarle quién las hace y ni siquiera si se hacen o no, no hay arte, por el contrario, sino hay artistas que hacen cosas en pos de una utilidad verdadera o falsa y con arreglo a preceptos y reglas que las naciones convengan o en cada nación imperen. Y salvo para el denominado arte técnico utilitario en que estos preceptos y reglas constituyen un saber hacer iluminado por un saber previo científico, los preceptos y reglas del arte utilitario restante no obedecen a más ley que a los gustos del público y a los dictados de los gobernantes, que regulan todo el hacer subjetivo de las naciones.

Bajo este último concepto, por ejemplo, Política es el arte de gobernar, muy distinto al concepto científico de la política que estudia la constitución y funcionamiento de los Estados. Si no existe una verdadera ciencia política, el Arte de gobernar es con arreglo a preceptos y reglas dictadas por los gobernantes, denominadas leyes positivas, que en la medida que se aparten y vulneren leyes científicas que una verdadera ciencia política escrute, serán leyes negativas, nefastas para los gobernantes de buena fe y para los pueblos gobernados por esas leyes, pues dejan siempre el portillo abierto a las audacias, a las injusticias y a la inmoralidad.

La Economía es una ciencia.—El primer problema que se plantea al tratar de definir la Economía es averiguar si es una ciencia o es un arte. La inmensa mayoría de los economistas aseguran que la Economía es una ciencia y las denominadas Facultades de Ciencias Económicas así lo corroboran. A la consideración de todos respondemos a esta pregunta diciendo: «La Economía es, efectivamente, una ciencia, pero tal como se estudia en las citadas Facultades es un conjunto de reglas o preceptos de un arte, denominado Crematística o arte de enriquecerse, lamentablemente confundido con el concepto de ciencia económica. Esta diferenciación entre Economía y Crematística desde tiempos remotos fué señalada por Aristóteles, pero desgraciadamente la moderna literatura económica la ha involucrado en un mismo concepto que voy a diferenciar nuevamente, a tenor de los conceptos antes definidos de ciencia y de arte.

En la actualidad la Economía no es una ciencia, porque no reúne su estudio ninguna de las tres condiciones antes dichas para que pueda considerarse como tal: no señala la energía o causa primera de todos los efectos económicos, no tienen definición pre-

cisa las palabras trabajo, riqueza, dinero, interés, crédito, etcétera, de su termilogía peculiar, y no se ha llegado a la enunciación de principios fundamentales y de leyes científicas de causa y efecto, o sea, de efectivas leyes científico-económicas.

Por el contrario, toda la moderna literatura económica gira en torno de la utilidad del industrial, del comerciante, del banquero, del accionista, etc., enseñándole a hacer bien las cosas en pos de un máximo lucro y a tenor de preceptos y reglas dictadas por los gobernantes sin base científica, porque no existe, como vemos, ciencia económica. Encajan, tanto los preceptos y reglas aludidos como las prácticas o haceres citados, en el concepto de arte utilitario que, sin base científica, no es arte técnico utilitario tampoco; es pura y simplemente una denominada Crematística o arte de enriquecerse lo que en la actualidad falsamente se denomina economía. La Crematística, como todas las artes, es un hacer utilitario y subjetivo con arreglo a preceptos y normas cambiantes, mientras la Economía, como todas las ciencias, es un saber y saber hacer objetivo con arreglo a leyes científicas inmutables de posibilidades e imposibilidades para que los individuos y los pueblos no caminen a ciegas tras utilidades imposibles.

Si queremos que la Economía sea realmente ciencia, es preciso despojarla totalmente de su actual carácter crematístico utilitario y subjetivo. Objetivamente hay que enfocar el problema económico que la Humanidad tiene planteado, elevando a la Economía a la categoría de verdadera ciencia. Y para ello, según hemos visto, hay que empezar contestando a la pregunta siguiente: ¿Cuál es la energía en que se basa la Economía, o causa primera de todos los efectos económicos?

Trabajo profesional.—Contestando a la pregunta anterior, diremos: Como las únicas energías existentes son las energías atómicas, químicas, físicas, biológicas, sensitivas y racionales, forzosamente la ciencia económica ha de erigirse sobre una de ellas. Y como quiera que todos, absolutamente todos los efectos económicos, englobados en los conceptos genéricos de producción, cambio, consumo, crédito, etc., y que más tarde definiremos, atañen al ser racional y a su capacidad de producir, cambiar, consumir, prestar dinero, etc., es evidente que la energía racional o capacidad de obrar de los seres racionales es la clase de energía que estudia la Economía.

Mas existen muchas otras ciencias basadas también en la energía racional, como la Psicología, la Lógica, el Derecho, la Sociología, la Política, la Ética, etc., que con el nombre genérico de Ciencias humanas o Ciencias del hombre, estudian al mismo, bajo distintos aspectos. De aquí la necesidad de precisar con claridad bajo qué aspecto y cuándo la energía racional es energía económica. Para ello tendremos presente que esta energía económica, como todas las clases de energía, nos son desconocidas en su esencia. Sólo conocemos las manifestaciones de la energía por las cuales el ser corpóreo que las posee efectúa un gasto de la energía que almacena o recibe a su vez de otro ser. Cuando así sucede, se dice que el ser corpóreo ejecuta, realiza o efectúa un trabajo, consumiendo parte de la energía que posee o que le facilita otro ser. Así, por ejemplo, trabaja la tierra y produce frutos, bien en forma silvestre o bien trabajada a su vez por el hombre; trabaja la máquina en movimiento, los animales de carga y tiro y trabaja el ser racional andando, estudiando, etc., o profesionalmente, ganando el sustento de su familia, con un gasto de su energía vital de ser racional o energía racional, que repone con el descanso y la alimentación.

Esta última manifestación de la energía racional, consumida por el ser racional en forma de trabajo profesional, es la energía económica sobre la que se levanta la Economía como ciencia. La palabra profesión significa empleo, facultad u oficio que cada uno tiene y ejerce públicamente, y «Trabajo profesional es la acción y el efecto de gastar energía el ser racional en el ejercicio de su profesión». Así, trabaja profesionalmente, desde el sacerdote en las horas que ejerce su sagrado ministerio, hasta el peón de albañil, el portero, etc., en sus horas de trabajo; pasando por el gobernante, el maestro, el técnico, el artista, el obrero etcétera, cuando están ejerciendo sus cargos o funciones. Y no es trabajo profesional el del aprendiz o el del estudiante que se forma para un trabajo profesional futuro, ni el de ningún ser racional que, por enfermedad o vejez, no ejerce ningún oficio o profesión; como tampoco, el de todos los seres racionales en las horas del día y en los días que profesionalmente descansa.

Este trabajo profesional es la causa de todos, absolutamente todos, los efectos económicos. Si en un momento dado cesase el mismo, se paralizarían siembras, riegos, fábricas, comercios, bancas, culto religioso, etc.; es decir, se paralizaría toda la vida, no sólo económica, sino social, política y religiosa de los pueblos. En lo económico, como Adam Smith, elevamos el trabajo a la causa primera y razón de ser de la Economía como ciencia. Y frente a la doctrina capitalista, que eleva el dinero a la suprema jerarquía económica, y a la doctrina comunista, que de la fuerza hace su mejor causa de producción, inspirados en la doctrina económica social-cristiana, se ha probado hasta la saciedad el postulado básico de esta doctrina que dice:

"El trabajo humano es una energía activa inherente al ser racional que no se compra ni se vende como una mercancía, ni es fuerza instrumental como el utensilio a la máquina."

Como tal energía activa inherente al ser racional, elevamos el trabajo profesional a la máxima jerarquía económica; y a la categoría de ciencia, a la Economía. El trabajo profesional —que en lo sucesivo denominamos simplemente: Trabajo— es la causa primera de todos, absolutamente todos los efectos económicos.

NOTA.—Conocida la causa o energía en acción que estudia la Economía, en los capítulos siguientes de esta primera parte de «Introducción a la economía», definiremos los conceptos fundamentales de las palabras que constituyen su tecnicismo peculiar, como primer paso, según hemos repetido, para adentrarnos en el campo de la Economía; y al alcance de todo, señalar concretamente su dirección capital dentro del pensamiento científico y su misión categórica como ciencia posibilitaria e imposibilitaria del arte crematístico, que será entonces técnico utilitario de verdadera libertad económica, que por un igual condena la tiranía, como el libertinaje económico.

CAPÍTULO II

LA ECONOMÍA ES CIENCIA NATURAL
LA PRODUCCIÓN: CAPITAL

Ciencias naturales y del espíritu.—Reducido el Universo creado a un conjunto de energías y materias, son *ciencias naturales* todas las que estudian las energías existentes; desde las que poseen los seres sin vida o minerales, hasta las que anidan en los

seres con vida natural, en cuya esfera más elevada están los seres racionales considerados como sujetos. Así, la Física, la Química, la Biología, la Botánica, etc., son ciencias naturales.

Y si concretamente nos referimos a las ciencias del género humano —entre las cuales está la Economía—, anteriormente vimos que en el género humano se dan todos los grados del ser: material, vital, sensible y racional. Por tanto, todas las ciencias naturales que, bajo cualquier aspecto, estudien una u otra clase de energía existente en el Universo, son aplicables al género humano. El ser racional es un cuerpo físico, químico, biológico y sensitivo a la par. Pero a diferencia de los demás seres, el género humano posee una energía racional, manifestada en forma de inteligencia y voluntad de medio como sujetos con vida natural, individual y social.

Definiremos pues: *"Ciencias naturales del género humano son todas las que estudian la energía racional de los seres racionales considerados como sujetos tan sólo; o sea, con vida natural, individual y social"*. Tales son, por ejemplo, la Fisiología, la Psicología, la Lógica y, como veremos más tarde, la Organización, la Economía y la Política.

Todas las ciencias naturales descansan en la Filosofía Natural, madre de todas las ciencias, que trata de la esencia, propiedades, causas y efectos de todas las cosas naturales, investigando las leyes que la rigen. Bajo la Filosofía Natural, todas las ciencias naturales son ramas de la misma.

Por el contrario, los conocimientos científicos basados en el conocimiento de Dios, Causa primera de todas las cosas y de las leyes a que obedecen, no son ciencias naturales; más aún, en el mundo del Sumo Poder y de la Suma Majestad, sólo le cabe al hombre de ciencia investigar y acatar la voluntad Omnipotente. Y concretamente, para el género humano considerado en toda su integridad de personas, con un espíritu inmortal capaz de condenarse o salvarse, impropiamente se dicen ciencias del espíritu las que con más propiedad se denominan: *Disciplinas del espíritu*. Como personas, el género humano debe atemperar su juicio y su voluntad de fin a la suprema voluntad de Dios. Y leyes morales reveladas, disciplinan el espíritu de las personas, dictando sus comportamientos, ante la propia conciencia, ante sus semejantes y ante Dios.

Desde la vida individual de cada persona, la social o de convivencia de las personas entre sí, hasta la de comunicación directa de las personas con Dios, una gama de ciencias o disciplinas del espíritu se investigan. Todas se basan en la Filosofía moral, que trata de la bondad o malicia de las acciones humanas, y en conjunto constituyen la Moral Cristiana que acatamos cuantos profesamos la Fe de Cristo y creemos en Dios.

La Economía es ciencia natural.—Otro tema de batallona discusión entre los economistas es si la Economía es ciencia natural o del espíritu. La opinión más generalizada es que la Economía es ciencia del espíritu. Mas a juzgar, no sólo por sus resultados de paro obrero, hambre, miseria y guerras, sino también por sus dictados del más puro individualismo ególatra, opuestos a los más elementales principios de la Moral Cristiana, en justicia podría asegurarse que si la economía es ciencia del espíritu, lo es del espíritu maligno, que cada uno de nosotros llevamos en nuestro ser, fomentando desatadas pasiones de lucro y superespeculación.

Serenamente, y a tenor de la diferenciación señalada entre ciencias naturales y del espíritu, según que el ser racional actúe como sujeto o como persona, si la economía tiene por causa el trabajo profesional, en ella el ser racional es sujeto tan sólo, pues no tiene en cuenta su más alta majestad de persona. El «homo aeconomicus» se traduce por sujeto económico, en modo alguno por persona económica. La Economía estudia el trabajo profesional como manifestación de vida natural de los seres racionales, o sea, como sujetos, independientemente de que los frutos de este trabajo satisfagan al género humano necesidades naturales de subsistencia, como sujetos, o morales de existencia, como personas. Las ciencias no se clasifican por los efectos, sino por la causa productora de efectos, cualesquiera que éstos sean. Y como la causa de todos los efectos económicos de producción, cambio, consumo, finanzas, etc., es el trabajo profesional del género humano, en donde los seres racionales actúan como sujetos, es la Economía una ciencia natural.

Mas es de hacer notar que la ciencia económica reconoce calidades distintas de trabajo profesional, pues desde el bracero y el trabajador manual no calificado, hasta el hombre de ciencia, el gobernante y el sacerdote, con profundos y altos estudios de previa formación profesional para más elevados fines de vida, el ser racional, si bien trabaja como sujeto siempre, en la medida que su trabajo es más calificado, es más necesaria la contribución a él de su condición de persona. Principalmente cuando este trabajo es rector y educador del género humano, señalándole los verdaderos caminos de perfección, ya naturales, alumbrados por la Verdad y la Justicia, o bien espirituales, con antorchas de Bondad y de Belleza o Suma de perfecciones, que en grado heroico se denomina Santidad.

Como veremos más tarde, Verdad, Justicia, Bondad y Belleza son Valores supremos de que la persona es portadora. Como tales personas, todos somos iguales; hijos de Dios, hechos a su imagen y semejanza. Las ciencias del espíritu proclaman el libre albedrío de las personas para ser buenas o malas y por un igual nos obligan los Mandamientos de la Ley de Dios. En cambio, las ciencias naturales parten de la desigualdad nativa de los sujetos en aptitudes y conductas, que la economía las jerarquiza por calidad de trabajo. En la medida que jerárquicamente se ocupan cargos de responsabilidad y de mando, en las más elevadas sociedades rectoras del género humano, como son los Estados y las Confesiones religiosas, más es necesaria la identificación en el trabajo del sujeto y de la persona, que único e indivisible, con ciencia y conciencia entonces, guía a las multitudes.

Frente a la doctrina capitalista, que erige en aristocracia al dinero, y a la socialista, que niega la desigualdad de clases, es postulado fundamental de la escuela social-cristiana el siguiente: *"Desigualdad nativa de los trabajadores, originada por sus aptitudes y conductas; y en consecuencia, oposición a la igualdad de derechos, de deberes y de clases sociales"*. Para la doctrina económica social-cristiana, mientras el cargo da una jerarquía económica, sólo en las personas portadoras de valores supremos en más alto grado, reside la autoridad, que emana de Dios. Si en lo económico cabe la jerarquía en el cargo, éste posee el atributo indispensable de autoridad y poder cuando socialmente la persona que ocupa el cargo es portadora de los valores supremos en alto grado de valiosidad. Bajo este principio la doctrina económica social-cristiana se opone en la vida económico-social del género humano a la igualdad de derechos, de deberes y de clases

sociales. Substituye el conocido y mordaz refrán capitalista: «Tanto tienes, tanto vales», por el más justo y legal: «Tanto vales (natural y moralmente), tanto tienes» (económico-socialmente).

Nota.—Clasificada la economía entre las ciencias naturales del género humano, en esta dirección global del pensamiento científico se prosigue esta investigación, que como base de discusión someto al alcance de todas las personas cultas.

Mas, como es lógico y natural también, siendo la persona sujeto, y mucho más el hecho de que la economía estudie la persona solamente como sujeto, no excluye, antes al contrario, obliga —si no queremos que la persona esté en desacuerdo consigo mismo— a que no exista divorcio o discordia entre la Economía y las disciplinas del espíritu, condensadas en la Moral Cristiana. Por otro lado, la Economía, ciencia natural en el mundo ontológico de los seres, por ser del género humano además, tiene a su servicio a todas las ciencias naturales de los demás seres existentes.

Fenómenos naturales y artificiales.—En el Universo constantemente se producen acciones, que tienen por causa la energía o capacidad de obrar de los seres corpóreos, manifestada en forma de energía actual gastada por ellos. Cuando esto sucede, se dice que tiene lugar un fenómeno, o sea, *"fenómeno es toda apariencia o manifestación de una acción, así del orden material como del espiritual"*. Así, es fenómeno la acción de trabajar y producir un ser corpóreo cualquiera; como la acción de moverse un cuerpo, de oxidarse el hierro, de crecer una planta, de estudiar el niño y de trabajar profesionalmente el hombre.

Excepción hecha de la acción de trabajar profesionalmente el ser racional (hombre o mujer), todos los demás fenómenos que tienen lugar en el Universo se denominan fenómenos naturales, por oposición a los artificiales producidos por el arte de hacer de los sujetos, cuando se ocupan en algún oficio, arte o ministerio privado, público o sagrado. Por tanto, naturalmente tienen lugar en el Universo múltiples fenómenos que se denominan mecánicos, caloríficos, lumínicos, eléctricos, químicos, biológicos, sensitivos e incluso racionales (no profesionales) a tenor de la clase de energía en acción que es causa de los mismos. Solamente los fenómenos que tienen por causa el trabajo profesional son artificiales en economía.

Definiremos, pues: *"Fenómenos naturales es toda apariencia o manifestación de energías en acción sin intervención alguna del trabajo profesional del género humano"*. Y por el contrario: *"Fenómenos artificiales es toda apariencia o manifestación de una o varias energías en acción, con intervención del trabajo profesional del género humano"*.

Como quiera que los fenómenos naturales o artificiales son acciones que por gramática sabemos que se expresan por verbos conjugados en modos, tiempos, números y personas, es corriente prescindir de esa conjugación y designar el fenómeno en sí, con abstracción de esa conjugación, substantivando el verbo. Así, de trabajar, trabajo; de producir, producción; de moverse, movimiento; de estudiar, estudio, etc. Los substantivos: trabajo, producción, movimiento y estudio, expresan indistintamente la acción o el efecto de la acción pasada o futura. Así, los substantivos citados expresan indistintamente la acción o el efecto de trabajar, producir, moverse y estudiar un ser corpóreo.

Seres naturales o artificiales.—Los seres resultantes de la producción de fenómenos naturales o artificiales se les denomina, respectivamente, seres naturales o artificiales. Como el ser racional no posea la facultad de crear de la nada, los seres artificiales son transformaciones del natural «modo de ser de los seres naturales». Definiremos, pues: *"Ser natural es todo ser corpóreo e incorpóreo (real o idealmente considerado) resultante de la producción de un fenómeno natural"*; y: *"Ser artificial es todo ser corpóreo e incorpóreo (real o idealmente considerado) resultante de la ejecución de un trabajo profesional"*. Así, son seres naturales los siguientes: el firmamento, el sol, la luna, el aire que respiramos, los mares, las tierras vírgenes, las minas sin explotar, los animales salvajes, etc. Y son seres artificiales: el aire encerrado en un recipiente y sometido a presión, el agua conducida a las viviendas, las tierras cultivadas, las minas en explotación, el pescado en la barca, en el mercado o en la mesa; los animales domésticos, etc. Todos estos seres han variado su natural modo de ser por la intervención de seres racionales (hombres o mujeres) que han ejecutado un trabajo profesional para someter el aire a presión, para conducir el agua a las viviendas, para pescar, vender o condimentar los peces, para alimentar y cuidar los animales domésticos, etc.

Las transformaciones que sufren los seres naturales por efecto del trabajo profesional, pueden ser materiales o inmateriales. Así, son transformaciones materiales las producidas por el trabajo agrícola e industrial; e inmateriales, las del trabajo aplicado a los transportes, comercio, enseñanza, culto religioso, etc.

Naturaleza.—Existe en el Universo una ordenación natural perfecta, por ser obra del Sumo Creador. Desde la magnitud del firmamento estrellado hasta la última integración atómica de los seres corpóreos, todo pregona un ejemplo sublime de orden, en el conjunto de los seres naturales existentes; cada uno, con la constitución orgánica peculiar a sus fines y en disposición inexorable para cumplirlos. A tenor de todo ello, se define: *"Naturaleza es el conjunto, orden y disposición de todos los seres naturales existentes en el Universo"*. A tenor de esta definición, la Naturaleza, con las inagotables fuentes de energías y materias que encierran los seres naturales y los múltiples fenómenos naturales que entre ellos tienen lugar, en perfecto orden y disposición, se ofrece al hombre de ciencia para investigar sus leyes naturales, y al género humano, para utilizarla en su servicio.

Es don gratuito de Dios al género humano, la Naturaleza en pleno; desde el sol que nos calienta y el aire que respiramos, hasta las aguas, las tierras, las plantas silvestres y los animales salvajes, todo está al servicio del género humano para estudiarlo y utilizarlo en su mejor provecho.

Las operaciones vitales.—La diferencia capital entre los seres irracionales y los racionales, estriba en que los animales, que incluso realizan verdaderas obras de arte, lo tienen todo aprendido desde su nacimiento y por instinto repiten esas obras; el ser racional, en cambio, es verdadera caja de sorpresas, de donde brotan constantemente nuevas creaciones. Los seres racionales percibimos el mundo exterior lleno de maravillas, en un primer tiempo u operación vital denominada de adquisición de todas esas maravillas, por nuestro mundo interior. Pero luego observamos que pueden ser utilizadas mejor por el género humano y en una segunda operación vital, denominada creación, gracias al talento (compendio de facultades intelectuales), forjamos seres artificiales en nuestro mundo interior. Resta por último una tercera operación vital, que es la de producción o de hacer esas cosas

artificiales, fruto entonces, como toda producción, de un trabajo, que hemos denominado profesional

Adquisición, creación y producción, son las tres operaciones vitales del ser racional, mediante las cuales el género humano transforma la Naturaleza en un mundo artificial en que vivimos, sobre todo en las grandes urbes donde casi todo es artificial. Por la adquisición, nos apropiamos el mundo exterior; por la creación, forjamos un mundo interior distinto; por la producción, proyectamos hacia fuera nuestras creaciones, al nacer realidades palmarias. El sujeto, frente a los objetos del mundo exterior, los adquiere primero como acopio de primeras materias, porque no tiene facultad de crear de la nada; idea después nuevos objetos y los hace o produce, por último, en el mundo exterior. Este es el proceso de transformación a que, lenta o rápidamente, somete el género humano a la Naturaleza, llenándola de seres o cosas artificiales más útiles y más bellas, gracias a los hombres de ciencia.

Teoría y técnica científica.—Las dos primeras operaciones vitales constituyen la denominada formación cultural en las distintas direcciones de la cultura, y más o menos elevada, en los centros de enseñanza creados al efecto.

Respecto a la adquisición, guiados por los padres, los maestros y los libros, adquirimos el mundo sensible, natural y artificial, el social y nuestro mundo interior. Del mundo sensible natural y artificial, denominado también mundo físico, adquirimos sensaciones que impresionan nuestros sentidos y las localizamos en el espacio y en el tiempo. Del mundo social adquirimos la conducta y el lenguaje de los demás seres racionales, los dos medios de convivencia y comunicación social. Y finalmente, de nuestro mundo interior, y por medio de la reflexión, adquirimos, no sólo las sensaciones de nuestro propio cuerpo, sino también las que estén pasando por nuestro espíritu o percepción refleja de nuestras emociones. Todas estas adquisiciones, recepcionadas por nuestra mente, constituyen el proceso que desde las primeras páginas se han señalado como la facultad de percibir el mundo exterior que posee el ser racional.

Para esta asimilación de un caudal intelectual de conocimientos, estimaciones, conductas y lenguajes que nos legaron generaciones pretéritas, los hombres de ciencia denominados teóricos, empezaron por idealizar la Naturaleza y, forjando un mundo de seres ideales, ordenaron y descubrieron fenómenos naturales y las leyes científicas a que obedecen. La palabra Teoría es sinónimo de saber, y el saber técnico se reduce a contemplar la Naturaleza, indagando el modo de ser de los seres y sus leyes a que obedecen.

Pero si el hombre de ciencia se contentase con contemplar la Naturaleza y descubrir las leyes que rigen sus fenómenos, la Humanidad no sacaría provecho alguno. Es necesario, después de saber, «el saber hacer» seres artificiales. Y bajo el aspecto de saber hacer, el hombre de ciencia cultiva la Técnica aplicada, que inmediatamente sigue a la Teoría. Teoría y Técnica constituyen las dos partes de que se compone cada rama científica.

Después de la adquisición por parte del género humano de la Teoría y de la Técnica científica que generaciones pretéritas nos legaron, la iniciativa privada y el talento creador actúan perfeccionándolas, ampliándolas y legándolas a generaciones futuras.

La creación es el factor cumbre de la vida humana. Mientras la Naturaleza, como realidad palmaria de energías, de materias y de fenómenos naturales, sigue su curso, el talento creador del género humano le va arrancando sus arcanos secretos en muchas ramas del saber teórico, y una Técnica aplicada de saber hacer surge cada día más potente.

Mas, desgraciadamente, con la Teoría y la Técnica económica no sucede otro tanto. En enorme confusionismo de teorías y de técnicas aplicadas se debate la Economía, malogrando el provecho del género humano por los avances de las demás teorías y técnicas.

La Producción.—El concepto económico de Producción es mucho más restringido que el genérico de efecto, que tiene por causa el trabajo ejecutado por un ser corpóreo cualquiera. Para la economía, Producción es exclusivamente la tercera operación vital de los seres racionales, que es la de trabajar como sujetos, y con la condición además de que este trabajo sea profesional. Y como, según vimos, la palabra producción indistintamente significa acción o efecto de producir, definiremos: *"Producción es la acción y el efecto de trabajar profesionalmente los sujetos".* Como acción del Trabajo profesional, la Producción es sencillamente un gasto de energía racional de los sujetos, cuando trabajan profesionalmente; y en este caso, Producción es el hacer de los sujetos, que como artistas trabajan profesionalmente. Como efecto de este trabajo profesional, Producción es todo objeto u objetivo conseguido por aquel hacer, que acumula una cierta cantidad de trabajo profesional. Esta producción puede ser material y corpórea, que recibe el nombre de mercancías, como la producción agrícola; o inmaterial e incorpórea, que recibe el nombre genérico de servicios, como los transportes, comunicaciones, comercio, Banca y Bolsa y múltiples servicios culturales, públicos y espirituales que producen una multitud de sujetos.

Claramente llegaremos a este concepto de Producción en Economía, teniendo presente que tras mayor o menor formación cultural de los sujetos, no trabajando profesionalmente, han adquirido y creado «en su yo» un mundo ideal de la ciencia. Mas el género humano persigue un fin que no es precisamente el del puro saber, que enseña la Teoría, y ni tan siquiera saber hacer, que enseña la Técnica científica. La finalidad que persigue el género humano es la de hacer seres artificiales; y en este aspecto, como vimos, los sujetos son artistas que hacen; bien con arreglo a simples normas o precepos del arte utilitario, o bien acatando leyes científicas de un arte técnico utilitario, por un previo saber y saber hacer adquirido del mundo exterior y creado en el mundo interior de los sujetos que, con o sin título oficial, se denominan técnicos.

La producción —como tercera operación vital de los técnicos— es la realización por ellos de seres artificiales, hasta que por el hábito y la repetición, la práctica marcha sola, al producir también los denominados prácticos. Tanto el técnico como el práctico, cuando trabajan profesionalmente, producen como artistas de mejor o peor calidad de trabajo. Pero entre Técnico y Práctico existe la diferencia de saber hacer y hacer, o de hacer simplemente, sin saber el porqué de así hacerlo; es la diferencia del caminar por la vida con vista o sin vista. El práctico exige siempre el lazarillo del técnico, en todas las manifestaciones del arte técnico utilitario. Nacen así producciones humanas —en una tercera fase de sus operaciones viales— al proyectar hacia fuera, o sea, haciendo seres artificiales, más útiles y bellos para el género hu-

mano. Dan preferencia a la belleza las Bellas Artes, superiores a las demás en cuanto al mayor desinterés que suponen.

Mas cuando las producciones humanas no responden al arte bello, ni al técnico utilitario para la Humanidad, por depravación de gustos y por carencia de una verdadera Teoría y Técnica —como desgraciadamente sucede con las ciencias económicas y políticas—, más que seres artificiales útiles y bellos se producen seres artificiosos, de utilidad nefasta para el género humano, como son, armas y más armas mortíferas de guerra. Entre odios, pasiones desatadas y rencores, la Belleza, en todas sus acepciones, queda mal parada y prostituída.

Capital.—Económicamente hablando, tres son los factores que concurren en la producción de mercancías y servicios, que son: Naturaleza, Trabajo y Capital; pero estos tres factores no son, ni mucho menos, del mismo orden, como vamos a ver: La Naturaleza, constituída por todo el conjunto de materias y energías existentes en el Universo, es un don gratuito de Dios. Las tierras vírgenes, las minas sin explotar, los animales salvajes, océanos y ríos, el sol, etc., e incluso la energía racional o capacidad de trabajar de todo el género humano, son dones naturales y gratuitos de Dios. El trabajo profesional, denominado simplemente *Trabajo*, es, como hemos visto, la causa activa de Producción. El género humano, como artista, hace o produce mercancías y servicios.

Veamos lo que se entiende por capital y su importancia como factor de producción. Se define: «Instrumento es todo lo que se utiliza para hacer alguna cosa». Y cuando es el Trabajo quien hace para producir mercancías o servicios, definiremos el capital diciendo: *"Capital es todo efecto de un trabajo pasado que se utiliza como instrumento de producción de un trabajo en acción"*. El capital es el caudal de seres artificiales utilizados por el trabajo para producir. Todo ser artificial que el trabajo utilice para producir, es un capital desde el mismo momento que esta utilización tenga lugar; pero no antes, cuando en forma de naturaleza o de mercancías y servicios no han sido utilizadas para producir, ni cuando dejan de ser utilizadas con ese fin. Así, es capital desde las tierras cultivadas, las minas en explotación, los animales de carga y de tiro, las instalaciones agrícolas o fabriles, los útiles y maquinaria utilizados, las obras públicas en explotación, las oficinas, almacenes, teatros, iglesias, ornamentos de culto, etc., hasta las denominadas *materias* primas extraídas de la Naturaleza y utilizadas para producir, como el carbón, hierro, etcétera; así como las transformadas y como mercancías, constituyen depósitos de venta en almacenes y comercios. Todas son efectos de un trabajo pesado, utilizadas como instrumentos de un trabajo en acción.

Más tarde haremos la clasificación del Capital en sus distintas formas posibles, a tenor de la definición dada, a la par que eliminaremos todas las imposibles, según esta definición, y en la actualidad aceptadas con prácticas económicas, que han dado origen al denominado capitalismo, régimen económico basado en el predominio del capital, como factor de producción y creador de riqueza.

Frente al capitalismo, que sin definir categóricamente el concepto de capital, erróneamente considera como tal a un falso capital y lo erige además en factor cumbre y amo absoluto de la producción, la doctrina económica social-cristiana, dice: «*La Naturaleza, el Trabajo y el capital concurren en la producción; pero estos factores no son del mismo orden. Pues mientras el trabajo es la causa activa, la Naturaleza es un don gratuito de Dios y el capital es un instrumento del Trabajo.*»

CAPÍTULO III

LA ECONOMÍA ES CIENCIA SOCIAL. EL CAMBIO: DINERO

Ciencias individuales y sociales del género humano.—Otro problema planteado sobre la ciencia económica, es si la Economía es ciencia individual y subjetiva de las gentes y de las naciones tras máximos lucros y riquezas, o social y objetiva, del género humano, que en comunidad de fines y de destinos en lo universal afronta los problemas de crisis mundial, de paro obrero, de inflación, miseria, etc. Este problema se ha tratado de soslayar más que de resolver, estudiando primero la economía individualmente con el nombre de Estática económica, y en segundo, y con el nombre de Dinámica económica, el problema de la coyuntura y de los ciclos económicos, con prosperidades ficticias, seguidas de crisis inevitables, porque no abandona tampoco el punto de mira crematístico de utilidad individual y subjetiva. Olvidando el verdaderamente científico, de utilidad social y objetiva para todo el género humano, se pretende que la ciencia vaya a remolque del arte; es el arte quien tiene que acatar a la ciencia, mediante el arte técnico utilitario, si efectivamente existe ciencia objetiva de posibilidades exclusivamente en el hacer económico.

Por ello, y con el firme deseo de servir lealmente a la ciencia, decimos que es artificiosa esta clasificación estática y dinámica de la Economía, porque una y otra supeditan el interés colectivo del género humano al interés individual de cada uno de sus componentes. Es preciso, pues, aclarar si la Economía es ciencia individual o social del género humano, independientemente de una crematística o arte utilitario que, desde luego, como todas las artes, es individual; y, como dijimos anteriormente, lamentablemente confundida con la Economía.

Mas antes veamos los conceptos de ciencias individuales o sociales del género humano. El género humano tiene una vida social que es causa primera de la vida individual de cada uno de los seres racionales. Si prescindimos de esta causa primera y aisladamente estudiamos la vida individual de los seres racionales, tendremos las denominadas ciencias de la vida del ser racional o ciencias individuales del género humano, naturales o del espíritu, según que se les considere como sujetos o como personas. La Fisiología, la Psicología, la Lógica, etc., son ciencias individuales del género humano.

Es la «Sociedad, es toda agrupación de seres racionales que constituyendo cada uno de ellos unidad distinta (vida indiviual) persiguen conjuntamente, mediante la mutua cooperación, todos o algunos de los fines de la vida.» Al igual que las ciencias individuales, estudian la constitución y funcionamiento del ser racional, bajo los distintos aspectos de su energía racional (biológica, intelectual, etc.), todas las ciencias que estudian la constitución y funcionamiento de las sociedades, bajo uno u otro aspecto de la energía racional, que en mutua cooperación de fines ponen en juego, reciben el nombre de ciencias sociales del género humano; naturales, si en esta agrupación los seres racionales actúan como sujetos; y del espíritu, si actúan como personas en el seno de estas sociedades. Definiremos, pues: «*Ciencias*

sociales del género humano son todas las que estudian la constitución y funcionamiento de las sociedades, bajo cualquier aspecto de la energía racional que gastan los seres racionales que actúan en la sociedad constituída.» Si la sociedad se constituye para trabajar profesionalmente y producir, es sociedad económica, aunque por sus fines más elevados, naturales o espirituales, se les dé denominación adecuada a sus fines.

Por último, es de señalar que las ciencias sociales descansan sobre Derecho Natural de vida individual de cada ser racional.

¿La Economía, es ciencia social?—A tenor de la clasificación efectuada entre las ciencias del género humano, en individuales y sociales, probaremos que la economía es ciencia social, porque, como vamos a ver, socialmente se trabaja y se produce; y como veremos luego, a tenor de los conceptos de Cambio y de Consumo, son éstos también sociales.

El ser racional no trabaja, ni al satisfacer sus propias necesidades individuales exclusivamente, ni sólo, aislado en la naturaleza. En el plan de «Tarzán» serían muy escasas las necesidades humanas; y más escasa todavía la energía racional necesaria para cubrir estas necesidades. Como a los animales, le bastaría al ser racional energía sensible para alimentarse, guarecerse y defenderse en la selva.

El trabajo lo ejecuta el ser racional para satisfacer necesidades de su familia, primero; y, quiéralo o no, del municipio, de la provincia, de la nación y del mundo, porque en el seno de todas estas sociedades convive. Sobre este ambiente doblemente social, de motivos y forma de trabajar, nace la Economía como ciencia social, para elevar el trabajo a la categoría del honor, a la par que el nivel medio de vida social de las familias todas de la Humanidad.

En la medida que la vida social han crecido modernamente múltiples sociedades que reclaman gran parte del trabajo profesional de la Humanidad. Y si antaño este trabajo, fundamentalmente, se concentraba en las tres grandes ramas económicas: Agricultura, Industria y Comercio, en la actualidad son muchas más. En primer lugar, existen múltiples asociaciones religiosas, culturales, deportivas, etc., que reclaman gran cantidad del trabajo profesional. Después, el Estado, moderno Moloch con ingentes ejércitos y funcionarios públicos; los transportes y comunicaciones, los cafés, espectáculos, etc. Y, por último, la banca y las finanzas. Son en gran número las gentes que ejecutan un trabajo profesional ajeno a las clásicas ramas económicas, que satisfacen las primeras y más modestas necesidades de las familias. Es misión básica de la Economía regular totalmente todo el trabajo profesional, y encauzarlo sobre rutas de una mayor y mejor producción, a la par que una más equitativa satisfacción de necesidades morales y naturales del género humano.

Y lógica consecuencia del trabajo social del género humano, es una producción social, en comunidad, con capitales sociales en gran volumen, que son instrumentos de producción en todas las sociedades productoras de mercancías y servicios, como fruto de este trabajo social. A las antiguas producciones agrícolas, industriales y mercantiles, individuales o en plan artesano, han sucedido las grandes y potentes sociedades productoras, no sólo agrícolas, industriales y mercantiles, sino también otras muchas, como transportes, culturales, etc., amén de una producción internacional privada o pública cada vez mayor. Sobre Trabajo social y Producción social del género humano y para el género humano, se levanta la Economía, como ciencia. Es, por tanto, la Economía ciencia social que por un igual se aparta del concepto individual y subjetivo de la economía liberal, como de la socialización del Trabajo y de la Producción de la economía socialista. Pero el hecho de ser social la Economía no quiere decir ni mucho menos que niegue el derecho a la libre asociación del trabajo, para producir. En el trabajo profesional de las gentes, no cabe ni el hombre-mercancía de la Economía liberal, ni el hombre-esclavo del Estado, de la Economía comunista.

Para la Economía social-cristiana, el trabajo humano es una energía activa inherente a la persona, que no se compra ni se vende como una mercancía según vimos. Mas por otro lado asegura que: «*La propiedad colectiva puede admitirse, pero sólo en aquella zona que el bien común queda favorecido por incapacidad del individuo, de la familia o de la empresa privada a provocarlo.*» Y más concreto aún: *La intervención del Estado para lo que no alcance el individuo, la familia o la asociación, ha de admitirse como lícito y conveniente. Se aboga por la acción estatal para proteger las clases desvalidas, regular el trabajo y dar medios conciliatorios a los conflictos.* Pero no para intervenir la producción o convertirse en estado-empresario, matando la iniciativa privada.

Nota.—En el anterior capítulo clasificamos la Economía entre las ciencias naturales del género humano. Y en éste, acabamos de ver que dentro de las ciencias naturales, la Economía es ciencia social. En esa ruta ya más perfilada de la misma, proseguimos este estudio.

Necesidades individuales y sociales del género humano.—Se define: «*Necesidad, es el impulso irresistible que hace que las causas obren infaliblemente en el mismo sentido.*» Así, es necesidad o impulso irresistible del género humano producir seres artificiales, porque infaliblemente su energía racional obra en este sentido; y no sienten esta necesidad los demás seres con energías de inferior categoría. Cada clase de energía que poseen los seres corpóreos les crea necesidades o impulsos irresistibles peculiares, a tenor de las infalibles capacidades de obrar de aquellas energías, en un peculiar sentido cada una.

El género humano, a tenor del compendio de energías de todas clases que posee, tiene múltiples necesidades, naturales de subsistencia como sujetos, y morales de existencia, como personas. Así, por razón de vida natural, el género humano tiene necesidades materiales de alimentación, vestido, vivienda, etc., e inmateriales, de transporte, comercio, orden, instrucción, administración de justicia, etc.; y por razón de vida sobrenatural o moral, tiene necesidades morales cuya satisfacción lo exige la conciencia de cada persona, la sociedad y Dios; tales son, desde la necesidad de una sólida formación espiritual de los individuos y de una educación social de las familias y de los pueblos, hasta la necesidad de todos los sacramentos y auxilios espirituales que la Iglesia presta.

Todas estas necesidades, por ley no sólo divina, sino también natural y humana, sólo con el Trabajo puede satisfacerlas el género humano. Y sobre el Trabajo, se levanta la Economía como ciencia que estudia la satisfacción de las necesidades del género humano.

Mas en éste caben considerar dos vidas: una individual, y otra social, ambas como sujetos o como personas. Pero una y otra no

son dos vidas distintas, sino que la vida social es causa primera de la vida individual, o sea, entre vida social y vida individual existe la relación de causa y efecto. En el seno de la familia, célula vital de la sociedad de familias, que integra el género humano, nacen las necesidades individuales de cada ser racional. Y en la medida que la vida social se amplía a los Municipios, a las Provincias, a las Naciones y a la Comunidad de Naciones, gracias a los adelantos de la Técnica moderna, crecen las necesidades individuales de cada ser racional. Pero todas ellas, como decimos, son efectos del crecimiento e intensificación de la vida social, que como causa las crea. En la medida, por tanto, que mejor se satisfagan las necesidades de la Comunidad de Naciones, de las naciones, de los Municipios y de las familias, a todas las cuales denominamos necesidades sociales, mejor serán satisfechas las necesidades individuales del género humano.

Definiremos, pues: «*Necesidades individuales son las necesidades de cada ser racional, creadas como efecto de su vida social.*» Bajo una previa vida social —como mínimo familiar— nace el ser racional, satisfaciendo sus progenitores sus necesidades individuales. Y en su mayoría de edad, en plan de ermitaño en el desierto, por ser pasajera su vida y ajena a la conciencia, la Economía nada tendría que decir, ni que hacer. Por tanto, si definimos: «*Necesidades sociales son los impulsos irresistibles de la vida social (mundial, nacional, municipal, familiar..., etc.), que como causa obran infaliblemente, creando necesidades individuales en todo el género humano*»; la máxima satisfacción de estas necesidades sociales, es el fin último y definitivo de la Economía.

Sociedades de producción.—Para la satisfacción de las necesidades sociales del género humano —y como consecuencia las individuales de cada uno de los seres racionales— se aprestan las gentes a trabajar socialmente, única forma de conseguirlo. Fruto de este trabajo como dijimos, es la Producción social, pues si bien cuentan con vida social muy restringida, el género humano trabaja casi individualmente en la caza, la pesca y el cultivo de la tierra, en la medida que la vida social y las necesidades sociales, por tanto, han ido creciendo, el Trabajo en sociedad ha ido aumentando, máxime cuando la Técnica en el siglo XVII inició la revolución industrial con el invento de la máquina de vapor y vertiginosas invenciones se han venido sucediendo.

La necesidad de la especialización en el trabajo y de grandes capitales, ha obligado a las grandes asociaciones modernas de trabajo, donde capitalismo y socialismo, ambos equivocados, han encontrado abonado el terreno para continuar la ancestral lucha de clases que la carencia de una verdadera Economía ha mantenido siglos y siglos. Definiremos: «*Sociedad de producción es toda sociedad de sujetos que trabajan y producen mercancías o servicios para satisfacer las necesidades sociales (naturales y morales) del género humano.*» A tenor de esta definición, son sociedades de producción, desde las agrícolas, industriales, mercantiles, bancarias..., etc., hasta los Estados, las Ordenes religiosas y el Clero secular de las Religiosas. En todas y cada una de estas sociedades, gran número de sujetos trabajan para satisfacer necesidades sociales de todo el género humano en general, pero de ningún ser racional en particular.

Mas al igual que dijimos sobre la calidad de trabajo de los sujetos a tenor de la cual se jerarquizan, a tenor de la calidad de necesidades que la sociedad de producción satisface y de la jerarquía obligada dentro de cada sociedad de producción, los sujetos que trabajan en los más altos puestos rectores de la Humanidad, como Ministros y Jefes de Estado, Sacerdotes y Purpurados de la Iglesia, etc., con ciencia y conciencia de su trabajo, deben traspasar todas las calidades como sujetos y con plena integridad de personas, ser conductoras del género humano, bien como rectores de su vida natural, como los gobernantes, o de su vida espiritual, como los religiosos.

Mas todas, absolutamente todas las sociedades de producción, están al servicio del género humano, que en plena majestad de personas están, a su vez, al servicio de Dios. Las sociedades de Producción y la Economía en pleno, al servicio de todas las sociedades de personas, tiene una finalidad categórica: La mejor y mayor satisfacción de las necesidades sociales de todas las sociedades que integran la comunidad mundial de personas.

Las sociedades de Producción poseen un cuerpo social orgánico (capital) y una razón social organizada (trabajo). Sobre Trabajo y Capital se levanta toda Sociedad de Producción. Nacen, pues, con el previo acopio de Trabajo y de Capital; y a igual que el ser racional son sus operaciones vitales: Adquisición de primeras materias del mundo exterior; Creación por los Técnicos de nuevas producciones, y Producción por los prácticos de esas nuevas producciones que la técnica idea. Todo ello, bajo la suprema dirección de un jefe de la Sociedad de Producción, donde la iniciativa personal es de muy alta importancia económica.

Mas luego se le presenta a la Sociedad de Producción el problema de dar salida a su Producción, que, como fruto del trabajo de todos y motivado por la especialización de esa producción, es necesario cambiar por otras producciones. Surge así el problema del cambio, que vamos a ver seguidamente.

El cambio.—El concepto de cambio en Economía no es concepto de circulación y distribución de mercancías que, con el nombre de transportes y comercio, se han incluído en la producción de servicios. El Cambio tiene lugar sin trabajar, por cuanto el Trabajo ejecutado en hacer los cambios es producción también. El concepto de cambio es trueque o permuta de la producción, mas como quiera que natural y socialmente se trabaja y produce, natural y socialmente también ha de tener lugar el Cambio de la producción entre las Sociedades de Producción, a tenor de sus necesidades sociales para continuar produciendo. Y como todas las ciencias naturales nacen y crecen bajo la estimación de la Verdad y las sociales de la Justicia, por parte de los sujetos que las escrutan, el cambio natural y social, a la par de la producción, ha de ser verdadero y justo. Definiremos, pues, el Cambio diciendo: «*Cambio es toda transacción natural y justa de la producción entre las sociedades de producción*».

De la definición vulgar del cambio, como simple trueque o permuta de mercancías o servicios, pasamos a una definición científica del cambio al fijarle la condición de transacción natural y justa que leyes científico-económicas deben garantizar. Es sencillamente substituir en el actual concepto vulgar del cambio el arte utilitario con arreglo a normas y preceptos arbitrarios, donde el lucro desenfrenado tiene ancho campo de especulación por el arte técnico utilitario que revisa todas esas normas y preceptos del cambio actual, para que, sin menoscabar en un ápice la libertad de cambio o el libre cambio, garantice plenamente

que el mismo sea natural y justo, por respetar leyes científicas que la Economía debe investigar y dictar.

Nuevamente aparece la diferenciación señalada entre Economía y Crematística, mientras la ciencia económica se limita dictar posibilidades e imposibilidades de cambio, la Crematística libremente invita a cambiar o no a las sociedades de producción en pro de utilidades —cimentada en el *Derecho Natural*, que dicta las normas del cambio justo—, la Economía debe investigar las leyes económicas del Cambio; libre sí, pero no libertino por injusto. Como toda libertad verdadera sin transpasar las fronteras de la justicia social distributiva de derechos y de deberes, básico cimiento de derecho natural y de vida social.

A tenor de la definición que hemos dado del cambio, todas las sociedades de producción son además de cambio, dan salida a las mercancías o servicios que producen y entrada a las que necesitan para continuar produciendo. El cambio para las sociedades de producción y de cambio son como las puertas de entrada y de salida de estas sociedades, mientras puertas adentro actúa el Trabajo y la Producción.

El ámbito en que tienen lugar las transacciones de la Producción entre las sociedades de este carácter se denominan *mercados*, «donde al por mayor o al por menor o al detalle se cambian las mercancías o servicios producidos. Tales son los Mercados Centrales de Frutas y Verduras, Almacenes de Fábricas y Talleres, Ferias de exposición y venta, etc. Estos mercados, en conjunto, reciben en economía el nombre de mercados de la producción para distinguirlos de otros mercados, como los del dinero, del crédito, de los capitales, etc., de los que más tarde hablaremos y en donde también tienen lugar los cambios, cuyo concepto y significación iremos especificando.

Dinero.—Quizás no exista otra palabra que, como la del dinero, su conocimiento vulgar sea tan grande y su conocimiento científico sea tan deficiente. Todo el mundo conoce el dinero, pero nadie sabe que es dinero porque científicamente no se ha dado una definición precisa del mismo; y la vaguedad e imprecisión de su conocimiento científico, mientras su utilidad y necesidad para el género humano es tan categórica y apremiante, es uno de los principales motivos de todos los males que, artificiosa pero cruelmente, azotan a la Humanidad.

Tanto el origen, la evolución histórica, como la creación actual del dinero son por demás arbitrarios. Respecto a este último se puede asegurar que sobre una máquina de crear dinero-papel, a tenor de los balances del Banco Emisor, y dinero-crédito, sin máquina, incluso por simples guarismos sentados en los libros bancarios, no hay forma ni manera de saber lo que es dinero. Sólo se conoce la función del dinero en múltiples prácticas económicas, que permiten a muchas gentes vivir sin trabajar, sustrayendo los frutos de su trabajo a unos y condenando al paro y a la miseria a otros.

Científicamente lo poco que se conoce sobre el dinero es que al igual que el capital es un instrumento del trabajo para producir —y bajo este concepto es un factor de producción— «el dinero es un instrumento de cambio». Esta es su definición corriente en Economía, aunque en la práctica, como decimos, es muchas veces instrumento de enriquecimiento, porque no se «cambia» propiamente, sino que se presta tan solo a otros sujetos para que trabajen y produzcan. Mas no es ahora el momento de enjuiciar esta práctica económica que la economía liberal defiende hasta dar libre paso a la hegemonía mundial del dinero, mientras la socialista la combate hasta llegar a dejar a todo el mundo sin él. Ni tanto ni tan poco, pues siempre en el término medio está la Verdad y la Virtud que la Economía social cristiana escruta y pregona, y si algún error o desvío de la Verdad y Virtud hay en estas páginas, culpa será mía, no de la doctrina que, inspirada en las Tablas de Sinaí, son sus postulados Verdades Eternas.

El dinero es instrumento de cambio en el lato sentido de trueque o permuta, no del cambio solamente, anteriormente definido entre sociedades de producción y de cambio únicamente. Pues además del intercambio de producciones entre estas sociedades, a través del dinero, se utiliza el dinero también para cambiar trabajo por dinero y dinero por producción, que es absorbida por las familias y demás sociedades de personas. Concretando, pues, más la definición del dinero, definiremos: «*Dinero es un instrumento de cambio del Trabajo y de la Producción*».

Pero, no obstante, es aún vaga e imprecisa esta definición, pues, seguidamente, cabe preguntar: ¿Cómo y cuál es este instrumento? No cabe otra contestación que decir: El dinero es un número resultante de una suma de números impresos en los denominados Billetes de Banco al portador, declarados de curso forzoso y legal; esos números impresos «dicen» que son unidades monetarias que en cada país reciben nombres distintos, como pesetas en España, francos en Francia, etc. Así, en un billete de 100 pesetas se lee: «El Banco de España pagará al portador 100 pesetas». Si partimos de la base lógica que el billete o la suma de billetes de banco, intrínsecamente no valen nada o casi nada, el instrumento de cambio del Trabajo y de la Producción resulta ser un número mayor o menor de unidades monetarias del país que intrínsecamente no valen nada y extrínsecamente tampoco cuando estos billetes no están respaldados, como antaño, por lingotes de oro o plata, propiedad del Banco emisor del dinero-papel y canjeables por ellos.

Falto el dinero-papel del derecho al canje por oro o plata cabe ya preguntar entonces: ¿Qué es una unidad monetaria? ¿Por qué un determinado trabajo o Producción se valúa en dinero, y por qué cambia uno y otro de valor en el espacio y en el tiempo? Nadie puede contestar categóricamente a estas preguntas por la sencilla razón de que nadie «sabe» qué es una unidad monetaria-papel, ni cómo se mide o valora en dinero-papel el Trabajo y la Producción. Solamente sabemos que la unidad monetaria se deprecia con el tiempo, y que la medida o valoración del Trabajo y de la Producción se efectúa a tenor de una vaga, imprecisa y burlada ley de oferta y de demanda que la economía liberal instaura, que en gran parte los Estados ponen coto —aun cuando el remedio sea peor que la enfermedad—, reglamentando el Trabajo e interviniendo la Producción en mayor o menor escala; es decir, echando abajo la ley de oferta y de demanda y, por tanto, toda la pseudo-ciencia económica del libre-cambio y del marginalismo en que la citada economía se basa. Por el contrario, a base de la más rabiosa intervención del Estado en la economía, mediante la socialización del Trabajo y de la Producción, la pseudo-ciencia económica socialista niega el derecho natural de libre asociación para trabajar y producir matando el estímulo y la iniciativa privada.

Es el dinero quien motiva estas libertinas o draconianas prácticas, porque tanto la economía liberal como la socialista no han tenido en cuenta que al igual que si no supiésemos lo que es

un kilogramo, por ejemplo, ni medir el peso de un cuerpo, no habría forma ni manera de expresar en kilogramos ese peso, si no sabemos qué es una unidad monetaria, ni valorar el Trabajo ejecutado por un ser racional y su efecto; la producción fruto de este trabajo es forzoso que sea arbitraria la valoración en dinero del Trabajo y de la Producción y, por tanto, antinatural e injusto su trueque o permuta por dinero.

La Economía, ciencia natural y socialmente justa sobre todo, debe empezar por definir primero la unidad monetaria y saber expresar después, en unidades monetarias, lo que denominaremos valor natural del trabajo y de la Producción. Más ínterin efectuemos más adelante este estudio, nos conformaremos, de momento, con la definición vaga e imprecisa que del dinero se ha dado para poder proseguir esta exposición de conceptos fundamentales de la Economía y conocer el mecanismo de circulación del dinero en el conjunto de la complicada maquinaria económica de nuestros días.

Sólo nos limitaremos ahora a dejar constancia de la necesidad de un mejor conocimiento científico del dinero para poder substituir simples normas o preceptos de su arte de hacer por verdaderas leyes científico-económicas de saber hacer, y el arte de hacer por el arte técnico entonces; utilitarios ambos para el artista que hace con el dinero, pero sabiendo en el segundo caso que el derecho natural no se vulnerará y la justicia social imperará en los cambios del trabajo y de la producción por dinero. Sólo cuando leyes científicas regulen estos cambios serán realmente libres, pero no libertinos, porque la ciencia y sólo la ciencia jalona fronteras entre Libertad y libertinaje.

Mientras ahora, gracias a la vaguedad e imprecisión del dinero, la economía liberal fomenta el que sean unos muy ricos y los más muy pobres, y la economía socialista instaura: Todos, pobres y ricos, el Estado —una y otra con ansia de dominio mundial—, la economía social-cristiana, dice y dirá: «Todos ricos», cada uno en la medida que con su trabajo y por su valía personal se haga acreedor a una u otra clase social, y en todas las clases: *«La remuneración mínima del trabajo debe ser tal que se pueda subvenir a las necesidades familiares del hogar probo y honrado. La remuneración justa del trabajo depende de varios factores, entre los cuales figuran los siguientes: Necesidades familiares (físicas y morales, presentes y futuras), situación y capacidad económica de las empresas y conveniencias generales de las Naciones y del mundo.*

CAPÍTULO IV

SOCIEDADES DE PERSONAS. EL CONSUMO: PATRIMONIO

Sociedades de personas.—Anteriormente se ha definido el concepto de sociedad o agrupación de seres racionales que, constituyendo una unidad distinta cada uno de sus componentes, persiguen conjuntamente mediante la mutua cooperación todos o algunos de los fines de la vida. Y cuando los seres racionales se agrupan como sujetos para trabajar profesionalmente y producir mercancías y servicios, estas sociedades las hemos denominado de producción y de cambio.

Pero existen fundamentalmente las *sociedades de personas* o agrupación de seres racionales que en toda su integridad de personas conviven, y mediante la mutua cooperación también, con unidad de fines y de destino, satisfacen sus necesidades sociales, naturales de subsistencia como sujetos y morales de existencia como personas. Definiremos, pues: *«Sociedad de personas es toda sociedad integrada por personas que, en unidad de fines y de destino, satisfacen sus necesidades sociales, naturales y morales».* Así son sociedades de personas todas las sociedades, asociaciones, colegios, mutualidades, cooperativas de consumo, etc., que, con fines profesionales, culturales, deportivos, religiosos, etc., satisfacen las necesidades sociales de sus asociados.

Estas sociedades reciben el nombre de pactadas cuando libremente sus socios pactan los fines de asociación y las condiciones de ingreso y permanencia en el seno de la sociedad. Las sociedades pactadas que más directamente atañen a la economía son las denominadas profesionales, de las cuales la economía social-cristiana dice: *«La asociación o libre agrupación de los trabajadores en corporaciones, sindicatos, gremios u organismos reguladores del trabajo es plansible y debe ser fomentada».*

Como siempre, la Economía social-cristiana, frente a la asociación libertina en sindicatos de resistencia y a la obligada y forzosa a una sola asociación profesional regida por el Estado, pregona el derecho de libre asociación de los trabajadores. En estas asociaciones, en la actualidad más políticas que profesionales, cierra este libertinaje la ciencia de la vida social por excelencia, denominada *Sociología*, que, bajo los dictados del Derecho natural, estudia la constitución y funcionamiento de las sociedades de personas. Y como la condición de persona implica y postula la de sujeto, bajo este aspecto la Economía acata y se somete a la Sociología. Esta es la razón suprema por la cual la Economía es ciencia social.

Pero al igual que la persona implica y postula el ser sujeto y mucho más, la sociedad de personas implica y postula en su seno una sociedad de sujetos que trabajen en la sociedad; es decir, toda la sociedad de personas —en donde no trabajan y pagan sus socios— ha de poseer en su seno una sociedad de sujetos que trabajan y cobran por su trabajo a las órdenes del Presidente, Secretario, Tesorero, etc. Estos últimos, como personas, disfrutan de los beneficios de la asociación, y como sujetos que trabajan, de las retribuciones adecuadas a su más alta calidad de trabajo en el seno de la sociedad.

Ese doble carácter de sociedad de personas, implicando y postulando en su seno una sociedad de producción, se da incluso en la familia, sociedad de personas más cerrada y pequeña, con lazos más apretados y fines más elevados, pues mientras el hombre trabaja profesionalmente en sociedades de producción ajenas al hogar, la mujer, en cambio, trabaja en el hogar, dedicada a sus labores. Padre y madre, en sociedad de personas con sus hijos y demás familiares, con plena integridad de personas cumplen sus deberes de familia cristiana.

Sociedades naturales: familia y nación.—El Derecho Natural nace como fuente de todos los derechos, estudiando los fenómenos naturales del nacer, crecer y vivir de las gentes en la vida social. Y ley natural de vida social es que existan sociedades sin previo convenio de sus asociados, como las relaciones entre padres e hijos, hermanos, etc. Por tanto, naturalmente, sin pacto inicial alguno, existen sociedades naturales de personas conscientes portadoras de los valores morales supremos, Bondad y Belleza, además de los naturales: Verdad y Justicia.

Definiremos: *«Sociedad natural es toda sociedad de personas*

que sin previo convenio entre sus asociados, éstos se hallan unidos por lazos de consanguinidad, convivencia geográfica y económica, afinidad cultural o cultura común, raza, religión, etcétera, hasta llegar al denominador común de personas, bajo el cual se integra todo el género humano en la Sociedad humana». La sociedad mayor y con fines más amplios en la Geografía y en la Historia es la humanidad en pleno. Se integran en ella desde las familias, células vitales, hasta las aldeas y ciudades, las provincias, las naciones, las razas, las religiones, etc., como sociedades naturales, en cuyo seno nacen, viven y mueren las gentes sin previos convenios.

La familia es la sociedad de personas más cerrada, con lazos más estrechos y con fines más puros; posee derechos y deberes superiores a toda ley positiva porque emanan directamente del derecho natural estatuído por Dios a nacer, crecer, vivir y morir las gentes en el seno de la sociedad humana.

La nación es la sociedad natural más extensa, y en unidad de destino en el curso de la Historia integra la universalidad de la Sociedad de Naciones para la mutua convivencia de la humanidad en pleno, bajo el imperio de los Valores Supremos. Los connacionales unidos por todos los lazos citados —consanguinidad, convivencia geográfica y económica, cultura común y unidad de destino— se sienten unidos, no sólo por el presente de su vida social histórica, sino también en el pasado, por una tradición común, y en el futuro por una tarea o un quehacer. Con el sello de unidad geográfica histórica, económica, política y religiosa, la nación posee un cuerpo y un alma de nacionalidad en fervorosa manifestación de Patria.

Y por lo que a lo económico atañe, aquellos vínculos sociales ligan las relaciones económicas de los connacionales, desde el trabajo profesional, la producción y el cambio, hasta, como veremos más tarde, el consumo; o sea, toda la actividad económica de los sujetos que en sociedades de producción de cambio trabajan, y en sociedades de personas consumen. De aquí que, en unidad de destino, se diga: Trabajo, Producción, Cambio y Consumo nacional, como partes integrantes de economías nacionales, integrantes, a su vez, de una economía mundial que, en universalidad de fines, debe acatar los dictados de una verdadera ciencia económica, única y universal.

Sociedades de consumo.—Por consumo, genéricamente, se entiende «destruir algo», o sea, lo contrario de producir. En la naturaleza incesantemente se produce y se destruye algo, y cuando el trabajo profesional produce en las sociedades de producción y de cambio, son las sociedades naturales y pactadas de personas las que consumen los frutos de este trabajo en forma de mercancías o servicios. Bajo este concepto definiremos: «*Sociedades de consumo son todas las sociedades de personas, naturales y pactadas, consideradas bajo el aspecto de la destrucción e las mercancías y servicios producidos por el Trabajo*».

Todas, absolutamente todas, las sociedades de personas necesitan consumir mercancías y servicios que, como frutos del Trabajo, satisfacen las necesidades sociales de subsistencia como sujetos y de existencia como personas. Y en la medida que la vida social va creciendo y como sujetos se asocian en sociedades de producción y de cambio cada vez mayores, como personas se asocian en sociedades de consumo cada día más numerosas, antaño reducidas a la familia y a la tribu. El problema económico, por tanto, no tiene nada de individual y subjetivo, pues social y objetivamente se plantea entre sociedades de producción y de cambio, de una parte, en donde como sujetos trabaja y produce el género humano, y en sociedades de consumo, de otra parte, en donde como personas satisfacen sus necesidades sociales e individuales con los frutos de aquel trabajo.

El núcleo central de este problema económico es la familia. De su seno salen hombres y mujeres, sanos y fuertes, para trabajar en las sociedades de producción, y a su seno van a parar los frutos de este trabajo, a través de todas las demás sociedades de consumo. El cabeza de familia y demás familiares con mayoría de edad son a la par trabajadores como sujetos, sostenedores del hogar, y consumidores como personas, satisfaciendo las necesidades morales y naturales del hogar. Todas las demás sociedades de consumo, tanto naturales, como la Nación, la Providencia y el Municipio, o pactada, como las asociaciones profesionales, cooperativas, mutualidades, etc., se mueven y giran en torno del núcleo central: el Hogar familiar, elevando su nivel de consumo. Para ningún hogar en especial y para todos en general tiene por misión la Economía el elevar el nivel medio de consumo de todos los hogares de todas las familias que pueblan las naciones y el mundo.

NOTA.—Tras esta sucinta exposición preliminar sobre las sociedades de personas, y bajo el aspecto económico, de consumo familiar, elevando su nivel medio, continuaremos puntualizando los conceptos de las palabras que constituyen el tecnicismo obligado y necesario para la ciencia económica.

Los bienes.—En el lato sentido de la palabra: «*Bien es todo aquello que, en su propio ser, tiene el complemento de la perfección para cumplir un fin determinado*». Por tanto, todo ser es o no un bien según el fin determinado que deba cumplir. Pero este fin puede considerarse bajo un aspecto objetivo y social, o sea, ideal del ser y para todo el género humano; o subjetivo e individual, esto es, real del ser y para cada persona en particular. Así, por ejemplo, el pan es un bien objetivo porque es independiente de que sea uno u otro pan igual quien cumpla el fin propuesto, y es social porque satisface las necesidades sociales del género humano, independientemente de que una o muchas personas no puedan comer pan. Por el contrario, un determinado pan y para una persona que pueda y desee comerlo, es un bien subjetivo e individual.

Nuevamente aparece aquí la diferenciación tantas veces señalada entre Economía y crematística. Para la Economía los bienes son objetivos y sociales, mientras que para la crematística son individuales y subjetivos. Y como dentro de la Economía el fin determinado a cumplir por los seres es satisfacer las necesidades físicas de subsistencia y morales de existencia de las personas, definiremos: «*Bien es todo aquello que, con mayor o menor grado de perfección, puede satisfacer necesidades de vida natural o sobrenatural de las sociedades de personas y, en particular, de las familias*». Así, son bienes: El aire que respiramos, el sol que nos calienta, el trigo, los vestidos, los viajes, la enseñanza, la administración de la justicia, la administración de los sacramentos, etc., y, en general, cuantas mercancías o servicios ofrecen la Naturaleza o las sociedades de producción a las sociedades de consumo.

Bienes artificiales.—Los bienes se clasifican en Economía, en naturales y artificiales, según sean un don gratuito de Dios, como el aire que respiramos y el sol que nos calienta o una

producción del Trabajo, como los demás antes citados. Definiremos: «*Bien artificial es todo fruto del Trabajo que, en forma de producción (mercancías y servicios), es ofrecida por las sociedades de producción a las sociedades de consumo*». A estos bienes artificiales se les denomina de uso o de consumo, según que sean aptos para satisfacer necesidades de uso, como los vestidos, los muebles, etc., o de consumo por rápida destrucción, como los alimentos principalmente.

Por extensión, todas las producciones creadas y ofrecidas entre las sociedades de producción entre sí reciben el nombre de bienes-capital; son bienes, porque indirectamente satisfacen las necesidades de las sociedades de consumo al poder acrecentar en forma de capital la producción de bienes de uso y consumo, y directamente, mediante el cambio internacional, de bienes de uso y consumo necesarios a cambio de estos bienes-capital.

Muchas veces una misma mercancía o servicio es indistintamente bien de uso o bien capital. Tal sucede, por ejemplo, con los automóviles ofrecidos en el mercado por las sociedades de producción de estos bienes, pues indistintamente pueden ser adquiridos por una persona o sociedad de personas para su libre uso y disfrute de familiares o socios, o por una sociedad de producción como instrumento de trabajo. En el primer caso, es un bien de uso, y en el segundo, un bien-capital. En cambio, mientras los vestidos son exclusivamente bienes de uso, un camión es exclusivamente bien-capital.

El consumo.—Tras la conceptuación detallada que hemos expuesto, llegamos al concepto de consumo en Economía, mucho más restringido que el vulgar y corriente de destrucción en general. Su significación clara, precisa y distinta vamos a ver: al igual que hemos definido el Cambio en Economía como transacción natural y justa de bienes de uso y consumo entre sociedades de producción y sociedades de personas; es decir, mientras Cambio es propiamente todo cambio intermedio de bienes capital entre sociedades de producción, Consumo es todo cambio final de bienes de uso o consumo entre aquellas sociedades de producción y las sociedades de consumo.

Para la Economía, tras ese cambio final, los bienes de uso y consumo quedan totalmente destruídos y al margen de su misión como ciencia, pues en cuanto son adquiridos esos bienes por las familias y demás sociedades de consumo, satisfacen sus necesidades sociales e individuales, finalidad última de la economía.

Como económicamente hablando la característica diferencial entre sociedades de producción y de consumo, es que en las primeras el género humano como sujetos trabajan y cobran retribuciones a su trabajo en dinero, y en las segundas, como personas, pagan y cambian este dinero por bienes de uso o consumo, de hecho el consumo es el cambio final; Trabajo-Bienes, a través del dinero. Definiremos, pues: «*Consumo es toda transacción natural y justa de bienes entre las sociedades de producción y las de consumo, a cambio del Trabajo ejecutado por los sujetos en las primeras*». Trabajo-Bienes de uso o consumo, materiales (mercancías) o inmateriales (servicios), es el ciclo económico que, constante e ininterrumpidamente, tiene lugar en la Geografía y en la Historia del género humano, a través de su vida social, como causa primera de la vida individual de cada uno de sus componentes; en sociedades de producción trabajan y en sociedades de personas consumen los frutos de su trabajo, satisfaciendo sus necesidades sociales e individuales, naturales y espirituales. Mas al igual que se dijo en el cambio, esta transacción Trabajo-Bienes ha de ser natural y justa, pues antinatural e injusta, como en la actualidad ocurre por falta de una verdadera ciencia económica, se aparta totalmente del concepto de Consumo que hemos definido.

El ciclo económico Trabajo-Bienes supone que cuanto más trabajo en calidad, velocidad y tiempo salga de una sociedad de personas a las sociedades de producción de bienes, más derecho natural en justicia es acreedora aquella sociedad de personas al consumo de bienes. Como se dijo en el cambio, consumo libre sí, pero no libertinos de unos por substraerlos a otros.

El ámbito en que tienen lugar las transacciones del consumo recibe el nombre de mercados al por menor de la producción de bienes. Estos mercados, denominados comúnmente comercios o tiendas, plazas o mercados de frutas, legumbres, pescados, etcétera, consultoros, clínicas, ventanillas de despachos, etc., están diseminados por todos los ámbitos nacionales. Con el nombre de comercio al por menor y constituyendo una red externa, es la línea divisoria entre las sociedades de producción y de personas que el consumo franquea.

Ahorro y desahorro.—Con el dinero percibido como retribución de trabajo en las sociedades de producción por los sujetos, no cabe otra cosa que gastarlo, consumiendo bienes ofrecidos en el mercado por las citadas sociedades, o guardarlo en sociedades de producción de servicios de custodia y depósito de dinero, denominadas Cajas de Ahorro o Bancos. Salvo el dinero para el gasto diario, durante el interregno de dos cobros de retribuciones de Trabajo o de cuotas por las sociedades de consumo —que constituye un fondo de consumo en las familias y demás sociedades de personas—, en las Cajas de Ahorro y en los Bancos se deposita corrientemente el dinero sobrante del consumo, por voluntad libérrima de sus poseedores, para acumularlo en mayor o menor cuantía.

A esta cuantía de dinero, sobrante de consumo, se denomina ahorro. Definiremos, pues: «*Ahorro es toda cuantía de dinero en poder de las sociedades de consumo, substraída al consumo o cambio final de Trabajo por Bienes y acumulada en las Cajas de Ahorro*». El ahorro en dinero, a tenor de esta definición, es propiamente una cantidad de Trabajo ejecutada y diferida la recolección de sus frutos. Es un ahorro de trabajo.

Pero es de hacer notar que este ahorro es individual, pero no social, por cuanto depositado el dinero en Cajas de Ahorro o en la Banca, éstas no se limitan a encerrar en sus cajas el dinero, sino que —como detallaremos más tarde— en gran parte lo prestan a sociedades de producción; no existe prácticamente el ahorro social del dinero, sino que constantemente circula con mayor o menor velocidad, no solamente el dinero-signo emitido, sino mucha mayor cantidad de dinero inexistente, denominado dinero-crédito. Más al igual que dijimos del dinero, la teoría y las prácticas actuales de ese dinero-crédito no están suficientemente estudiadas y explicadas por la ciencia económica.

Inversamente, cuando voluntariamente también el individuo jurídico retira sus ahorros de trabajo en dinero, aprestándose a recoger sus frutos, se dice que tiene lugar un desahorro. Constantemente tiene lugar con el dinero de curso legal en las naciones el fenómeno nacional: ahorro-desahorro. La diferencia positiva o negativa al finalizar un período de tiempo (mensual, anual, **etc.**) acusará, respectivamente, bien un positivo o negativo

ahorro, que en último caso será un desahorro de dinero y de trabajo, como cuando las abejas se comen la miel.

Consumo diferido e inversión.—Dos son las direcciones fundamentales del ahorro: el consumo y la inversión, según que el desahorro tenga lugar consumiendo bienes de uso y consumo o cambiando el dinero por bienes-capital.

Cuando el sujeto jurídico ha ahorrado dinero y por contingencias de la vida (como enfermedad, vejez, etc., o por adquirir bienes de uso de gran valor, como mobiliario, automóviles, etcétera) desahorra, ha tenido lugar un consumo también, pero diferido el tiempo necesario para ahorrar la cantidad de dinero precisa. El ahorro entonces no es más ni menos que un consumo diferido en el tiempo.

Pero si el desahorro tiene lugar cambiando el dinero por bienes-capital, como fincas rústicas o urbanas, talleres o comercios para constituir sociedades de producción o ampliar las existentes, se denomina inversión. Anualmente tiene lugar en las naciones nuevas inversiones en el mercado de la producción, que, unidas a las existentes, motivan la existencia de nuevos mercados ajenos al de la producción, pero que viven y medran a su amparo. Tales son los ya citados del dinero, del crédito, de valores y de capitales, etc., que, con el nombre genérico de Finanzas, constituyen un mundo económico, aparte del mundo del Trabajo, en el que hemos cimentado la Economía.

Economía y Finanzas, que una verdadera ciencia económica debe unirlas y compenetrarlas en un fin común de paz y de bienestar para el género humano, son en la actualidad antagónicas e irreconciliables. Por sus prácticas crematísticas antieconómicas son las Finanzas en la actualidad enormes pulpos que, con sus tentáculos, aprisionan y asfixian a la Economía.

La propiedad privada.—Siendo el Trabajo una causa activa inherente a la personalidad humana a través de las sociedades de producción, llegamos con las retribuciones justas de este Trabajo al consumo primero de las sociedades de personas y al ahorro del dinero después. Este ahorro de trabajo en dinero continúa siendo, por tanto, inherente a la persona humana. Y tras de cumplir todos sus deberes para con la familia, la nación, etcétera, este ahorro de dinero constituye una propiedad privada del ahorrador o de los ahorradores que mediante cuotas integran una sociedad de personas.

Jurídicamente, pues, la persona que ha ahorrado o la sociedad de personas ahorradoras, son propietarias indiscutibles de sus ahorros. Y si estos ahorros los convierten en bienes de uso y consumo o los invierten en bienes capital, la propiedad privada de esos bienes es legal en el más depurado Derecho Natural. Mas aun cuando la Economía nada tiene que decir ni nada que hacer por cuanto esos bienes dejan de ser económicos, a tenor de la definición de consumo para pasar a ser bienes jurídicos, económicamente ya consumidos y destruídos por tanto, sí es de hacer notar que, en nombre del Derecho Natural también en que la Economía se cimenta y en el de la Sociología que la preside, la doctrina económica-social-cristiana acata el siguiente postulado fundamental: «*La propiedad privada es complemento de la personalidad y derivada de las exigencias naturales no pactadas. Pero se distingue entre licitud de la propiedad y uso de la propiedad. Las cosas necesarias son del pleno y libre uso de su propietario, pero los bienes superfluos deben supeditarse al bien común*».

Es decir, los bienes necesarios, cómo son los de uso y consumo, son de pleno y libre uso de su propietario, pero los bienes superfluos, como son los bienes capital y los de uso innecesario, lujosos o suntuarios, la licitud de su propiedad debe ser supeditada al bien común; en esta supeditación es justa la denominada expropiación forzosa con indemnización de la propiedad privada superflua, que en forma de bienes capital no son instrumentos de trabajo o de bienes de uso innecesario; el bien común así lo exige.

Frente a la socialización de los instrumentos de producción e incluso de la incautación, negando el derecho de la propiedad privada la economía socialista y de la exacerbación de ese derecho por la economía capitalista, proclamándola lícita para la explotación del Trabajo con grandes latifundios y fincas urbanas, hasta para dejar sin trabajo y sin viviendas a muchas gentes, la economía social-cristiana supedita al bien común la licitud de la propiedad privada superflua.

Patrimonio.—Se denomina *Patrimonio «a los bienes propios de un sujeto jurídico adquiridos por cualquier título y, en particular, heredados de sus ascendientes»*.

Jurídicamente, todo ser racional o sociedad es sujeto jurídico con derecho a poseer bienes jurídicos, cuya totalidad integran el patrimonio de la persona o de la sociedad de personas. Así, se dice Patrimonio nacional, patrimonio familiar, e incluso patrimonio de tal o cual persona, que generalmente es legado por sus ascendientes.

Sobre la herencia, que mantiene vivo el espíritu de familia, la economía social-cristiana dice: «*La herencia corresponde a ley santísima de la naturaleza, de que deben los padres atender a los hijos que engendraron y preparar los medios para que puedan defenderse de la desgracia.*» Por tanto, el legado de la propiedad privada de padres a hijos, es ley santísima de la naturaleza, y, como tal, acatada por la ciencia económica. Los padres preparan medios a sus hijos para que puedan defenderse en la desgracia. al legarles un patrimonio; pero los hijos pueden utilizarlos lícita o ilícitamente, como vamos a ver.

Si el patrimonio está constituído por bienes capitales y no es utilizado por su propietario como instrumento del Trabajo y factor de producción, es ilícita la propiedad privada de ese capital sustraído al bien común, cuando no hay otro motivo económico o bien común que lo justifique. Tal es el caso de los grandes latifundios en tierras sin cultivar o con muy escaso rendimiento productivo, las propiedades urbanas deshabitadas, los solares cuando faltan viviendas, etc. El Derecho Natural, la Economía y la Sociología al unísono, deben escrutar las leyes naturales y morales que en armónica conjunción dicten la natural y justa pertenencia o expropiación de estos patrimonios.

CAPÍTULO V

RECOPILACIÓN: ¿QUÉ ES ECONOMÍA?

Principio fundamental de las ciencias sociales.—En los capítulos anteriores hemos definido todos los conceptos previos fundamentales, para llegar a definir con claridad y precisión ¿qué es Economía?, porque hasta el momento presente nadie lo sabe a «ciencia» cierta.

Pero antes, y dado que se ha probado que la Economía es ciencia social, es necesario enunciar el principio fundamental

de todas las ciencias sociales, que vamos a formular: Partiendo de las definiciones que conceptúan las palabras sujeto y persona que la Filosofía define, y las de Sociedad de sujetos y Sociedad de personas, que la vida social exige como la causa primera de vida individual, formulamos el siguiente principio fundamental de las ciencias sociales, diciendo: *Todas las sociedades de sujetos están al servicio de las sociedades de personas, y éstas, a su vez, al servicio de Dios.*

Es este principio fundamental de las ciencias sociales, antorcha y guía de esta investigación económica.

¿Qué es Economía?—Después de cuanto se ha expuesto, fácil es ya llegar a definir con precisión y exactitud la economía y la trascendental misión de esta ciencia, tan vulgarmente conocida como científicamente falseada e ignorada. Ni es objeto exclusivo de la Economía satisfacer nuestras necesidades, pues con este fin se estudian y aplican todas las ciencias, ni se limita a enseñar «cómo proceden los hombres en la vida económica», sino que debe investigar y dictar cómo deben proceder, para que la justicia distributiva de bienes de uso y consumo resplandezca en el seno de la comunidad de naciones y de familias.

Por otra parte, la Economía no es el arte de hacer crematísticamente las naciones y las gentes para enriquecerse individual y subjetivamente, sino la ciencia del saber y del saber hacer, para vivir todos en paz y gracia de Dios, en lo que atañe a la distribución natural, justa y equitativa de bienes naturales y artificiales producidos por el trabajo. La Economía, como todas las ciencias, es objetiva y de posibilidades únicamente, para no caminar a ciegas tras utilidades imposibles; o posibles para unos pocos, a costa del paro obrero, el hambre y la miseria de los más, cuando en vez de ganar el pan con el sudor de nuestra frente una pseudo-ciencia permita ganar, no sólo el pan, sino también la hegemonía y el poderío, con el sudor de los de enfrente.

Sólo bastardeando la Economía o desconociendo su importantísima función puede vulnerarse una Ley inexorable del orden divino establecido y, por ende, natural y humano. Si el hombre no tuviese que ganar el pan con el sudor de su frente, la Economía no tendría nada que decir ni nada que hacer. Bajo un arte crematístico, con preceptos y reglas ingobernados por la ciencia económica, individualmente hábiles artistas surgen que, como botín de victoria, consiguen máximos lucros, practicando las reglas de ese arte, y muchas veces burlándolas; más socialmente, el Derecho Natural queda malparado y la Justicia escarnecida.

Es finalidad de la ciencia económica substituir los preceptos y reglas caprichosas de este arte crematístico por verdaderas leyes científicas naturales, que estudiando los fenómenos naturales del nacer, crecer, vivir y morir de las gentes en el seno de la comunidad humana, bajo el aspecto de la satisfacción de las necesidades sociales de vida, tanto naturales como espirituales, la Justicia impere en la producción y distribución de los bienes que satisfacen aquellas necesidades de las naciones, de las familias y de cada uno de sus miembros en particular.

Mas para que llegue a cumplir esta finalidad categórica la Economía, hay que recorrer una primera etapa de investigación que, como anteriormente hemos dicho, es la de sentar firmemente los cimientos de esta ciencia, llegando hasta su definición clara, precisa y distinta.

Esta definición, que vamos a ver, es el fin de esta primera etapa de investigación económica. ¿Qué es Economía?, es la pregunta que a ciencia cierta nadie ha contestado aún de modo suficiente. Veamos científicamente, pues, ¿Qué es Economía?

Ante el enorme confusionismo existente en la ciencia económica, empezando por su clasificación primera, como ciencia natural o del espíritu, individual o social, y siguiendo después con su definición vaga e imprecisa, se ha tenido que retroceder en esta investigación económica, hasta que la Filosofía, madre de todas las ciencias; hasta el Derecho Natural, fuente de todos los derechos, y hasta la definición de ciencia en general, sentando los requisitos indispensables para que la Economía sea realmente una ciencia. A tenor del primer requisito de ciencia, ha habido necesidad de analizar todas las energías existentes en el Universo y sus distintas manifestaciones, para probar que la energía que estudia la Economía es el Trabajo.

Como fruto de esta ardua labor, se ha llegado a la conclusión primera, de que: *La Economía es una ciencia natural y social del género humano, que tiene por causa o energía activa el trabajo profesional, denominado simplemente: Trabajo.*

Por ser ciencia natural del género humano, es éste estudiado por la Economía con vida natural, o sea, como sujeto. Y por ser ciencia social estudia la Economía las sociedades de sujetos; pero tan sólo las que trabajan profesionalmente produciendo mercancías y servicios.

A la par, y como primer paso del conocimiento científico de la Economía, se definen en conceptos claros, precisos y distintos: Trabajo, Producción, Cambio y Consumo, apoyándose en muchas otras definiciones y conceptos, en el orden ideal de la ciencia. Y como la Producción es el efecto natural del Trabajo, y el Cambio el efecto social obligado para poder seguir trabajando y produciendo socialmente, denominamos a estas sociedades: Sociedades de producción y de cambio. Mas estos efectos del Trabajo son solamente efectos intermedios para la Economía, pues el efecto final o misión última de la misma es el Consumo de las sociedades de personas, y en particular de las familias.

Y definido el Consumo como toda transacción natural y justa de bienes, entre las sociedades de producción y las de consumo —a cambio del Trabajo ejecutado por los sujetos en las primeras—, ello es, en definitiva, la razón de ser de la Economía como ciencia. En el seno de la vida social del género humano se levanta la Economía, que estudia su vida natural, tomando por causa el Trabajo, por medios la Producción y el Cambio, y por finalidad categórica la transacción natural y justa de los bienes ofrecidos por las sociedades de producción y de cambio a las sociedades de personas, a cambio de su trabajo ejecutado como sujetos, en las primeras.

Definiremos, pues: «*Economía, es la ciencia natural y social del género humano, que teniendo por causa el Trabajo, y por medios la Producción y el Cambio, tiene por finalidad la transacción natural y justa de los bienes ofrecidos por las sociedades de producción a las sociedades de personas a cambio de su trabajo, y en particular a las familias, elevando el nivel medio de consumo de todas ellas.*»

Con las previas definiciones científicas que en el ámbito económico damos de Trabajo, Producción, Cambio, Sociedades de Producción y de Cambio, Sociedades de Personas, Bienes, Familia, etc., la definición de Economía es precisa y distinta de todas

las demás ramas de la ciencia, así como del arte en general y de la crematística en particular.

Acata esta definición el principio fundamental de todas las ciencias sociales que hemos enunciado anteriormente: todas las sociedades de sujetos están al servicio de las sociedades de personas, y éstas, a su vez, al servicio de Dios; por ello, la Economía, ciencia natural y social por excelencia, directamente al servicio de las sociedades de personas que las ciencias o disciplinas del espíritu estudian, está sometida a estas últimas, e indirectamente, por tanto, al servicio de Dios. *La doctrina económica social-cristiana es la verdadera ciencia económica.*

El problema económico.—Socialmente, y bajo el imperio de las disciplinas del espíritu, hay que afrontar y resolver el grave problema económico que el mundo tiene planteado: La ciencia económica tiene la palabra, sin desviarse en un ápice de la verdad científica, sea la que fuere.

Económicamente, sustentan el criterio muchos economistas que el problema económico es de producción limitada, frente a necesidades de consumo ilimitadas, cuando, como sucede en la realidad, es el inverso: Producción, si no ilimitada excesiva, frente a necesidades de consumo limitadas, hasta el punto de no poder satisfacer las familias sus más perentorias necesidades, y como consecuencia de esa producción excesiva se lanzan al paro obrero y a la miseria a muchas familias. Tremenda es la paradoja para quienes aseguran que en la producción limitada radica el problema económico.

Ni es ése, ni mucho menos, el problema económico. La limitación mayor o menor de la producción, depende de que se trabaje mucho o poco y del rendimiento productivo de este trabajo. A su vez, este rendimiento productivo depende de dos factores: del Trabajo en sí, o sea, de los sujetos que ejecutan el trabajo con más o menos velocidad, y del Capital, que como instrumento de su trabajo disponen en útiles, máquinas, instalaciones, dinero, etc. Pero sin perjuicio de esa limitación y de que la producción sea mucha o poca, el verdadero problema económico reside en la distribución natural y justa de esa producción artificial, dando a cada uno lo suyo: lo que es fruto de su trabajo.

Ésta es precisamente la misión última y definitiva de la Economía, como dijimos: La transacción natural y justa de los bienes ofrecidos por las sociedades de producción a las sociedades de personas a cambio de su trabajo en las primeras, y en particular a las familias, elevando el nivel medio de consumo de todas ellas.

Con esta finalidad categórica la Economía estudia el Trabajo, la Producción y el Cambio, como ciencia natural y social del género humano; y, por tanto, investigando leyes científicas naturales de las sociedades de sujetos trabajadores y productores, que substituyan a las simples normas o preceptos del arte crematístico actual. Bajo esas leyes científicas, que relacionen la causa (el Trabajo), con los efectos intermedios (Producción y Cambio) y el final (Consumo), la transacción de los bienes será natural y justa.

Investigar estas leyes económicas exclusivamente posibilitarias e imposibilitarias en el hacer crematístico, es el segundo paso de la ciencia económica. Adam Smith, fué el primero que elevó el Trabajo a causa única de riqueza y precisó conceptos económicos como el del valor de uso y de cambio. Inició también este segundo paso con el principio fundamental de esta ciencia: El libre juego de la oferta y la demanda en el mercado de la producción.

Mas desgraciadamente, discípulos y continuadores no han sabido interpretar y continuar la investigación económica bajo las directrices marcadas por Adam Smith, verdadero fundador de esta ciencia, inspirándose a su vez en la doctrina aristotélica. Por el contrario, frente a los dos principios sentados por Adam Smith: Trabajo, causa única de riqueza, y libre juego de oferta y demanda, dos tendencias poco a poco fueron manifestándose hasta desgajarse esta doctrina en dos ramas: Capitalismo y Socialismo, como reacción surgido después; cada una abrazando un principio y repudiando el otro, pues mientras el Capitalismo basa su doctrina en el libre juego de la oferta y la demanda, el Socialismo lo hace sobre el Trabajo, causa única de riqueza.

La economía social-cristiana se basa en los dos, conjugándolos perfectamente; sobre Trabajo y Capital, íntimamente unidos y conjugados; pero no del mismo orden o importancia económica, pues eleva el Trabajo a César y hace del Capital el más preciado florón de su corona. Todo ello bajo un libre juego de oferta y demanda, que leyes científicas, como segundo paso a investigar, hagan efectivamente libre ese juego, pero que eviten totalmente degenere en libertino, porque conjugan perfectamente la libertad individual defendida por el Capitalismo con la solidaridad social exigida por el Socialismo.

El orden económico.—Paralelamente a la etapa inacabable de la investigación científico-económica, será posible ir ordenando, a tenor de sus dictados, la vida económica del género humano, substituyendo la actual ordenación puramente crematística y artificiosa por un nuevo orden netamente económico artificial a que los adelantos de la Técnica moderna —recurso económico de inestimable valor— obligan.

La Técnica destruye el orden natural perfecto que en el mundo creado existía; principalmente en las grandes urbes, casi todo es artificial. Desde los alimentos, muchos de ellos conservados y condimentados con arte; el vestido, las viviendas, los transportes urbanos e interurbanos, los espectáculos, etc., hasta las sociedades pactadas de todas clases, todo es artificial. Y, lógicamente, es preciso instaurar en la medida que el orden natural se va destruyendo, un orden artificial que lo substituya.

Mas, por carencia de una verdadera Economía, no es esto lo que sucede; sin orden ni concierto se trabaja y se produce en el seno de sociedades que no son tales, porque la actual economía ni respeta el concepto de sociedad con fines comunes de producción o de consumo, ni las sociedades de producción están al servicio de las sociedades de consumo. Por lo que respecta a las sociedades de producción, los sujetos que en ellas trabajan, no sólo no persiguen fines comunes de sociedad, sino que ni tan siquiera la actual economía admite que ejecuten y gasten su trabajo; únicamente lo «*prestan*» a la Sociedad, que dueña de ella el Capital, es éste precisamente el que es prestado a la Sociedad. Esta equívoca postura del Trabajo y del Capital ante las sociedades de producción, es uno de los principales fermentos de la lucha de clases.

Y por lo que respecta a las Sociedades de personas que naturalmente están al servicio de Dios, la actual economía las somete al servicio de las necesidades de producción y, concretamente, del Capital, que erige en dios al dinero; vulnerando el primer principio social resulta, en resumen, que las sociedades de

personas están al servicio de las sociedades de producción, y éstas, a su vez al servicio del dios —oro—. Sembrado así el desorden en el seno de la sociedad rumana, integrada por múltiples sociedades, es impotente la Política, la Sociología y la Moral Cristiana para contener la avalancha de adoradores al dios —oro— que el Capitalismo ha creado.

Fieles a la máxima de dar a Dios Todopoderoso lo que es de Dios y al César lo que es del César, no cabe en la ciencia económica el dios —dinero—, simple instrumento de cambio entre Trabajo y Capital o Bienes. Y sobre esa base, es preciso integrar en un orden artificial perfecto el desorden que el dinero y la Técnica en el orden natural que destruyen al crear el ídolo del oro y a su servicio, produciendo, sin orden ni concierto, cosas artificiales más útiles y bellas.

Es misión de la investigación económica alumbrar un verdadero orden; y en estos afanes, múltiples nuevos órdenes económicos aparecen, que a economistas más o menos geniales se les ocurren como panacea de todos los males que aquejan a la Humanidad.

Líbreme Dios de caer en esa tentación, porque jamás ha sido este mi objeto; lo mucho o poco que diga sobre ese nuevo orden económico que el mundo ansía, no lo diré yo, lo dirá la ciencia económica, a cuyo servicio me he consagrado. Y en la medida que bajo sólidos cimientos y con leyes científicas de causa y efecto y de modos de ser de los fenómenos económicos avance la investigación en esa misma medida, se sentarán los jalones del nuevo orden económico. No antes, con concepciones más o menos peregrinas, que sumen a las masas en el desencanto.

Pero así y todo, hay que proceder con serenidad y cautela. Es preciso contrastar, paso a paso, el sendero de la verdad científica, con objeto de no desviarnos de ella en un ápice. Alumbrando, tan sólo, el camino que conduce al verdadero nuevo orden económico, someto esta investigación a la consideración de cuantas asociaciones de hombres de ciencia y de conciencia, bajo una u otra faceta cultivan el árbol frondoso de la ciencia. Pues no en balde la Economía es eslabón de enlace de las ciencias naturales, todas ellas a su mejor servicio, con las disciplinas del espíritu, que a su vez la Economía acata y sirve.

Este es el motivo de que sin exclusivismos, ni abandonos, ante el más grave problema que mundialmente, y afectando a todos, está planteado, los técnicos rectores de la inmensa mayoría del Trabajo y Capital, y precisamente destructores del orden natural en su gran parte también, no pueden permanecer al margen de ese acuciante problema económico mundial. Máxime cuando la moderna investigación económica está vislumbrando ya la similitud de la economía, con la Mecánica, hablando de Estática y Dinámica económica, y utilizando el Cálculo diferencial e integral, en gran escala.

Ese nuevo orden económico, cuya implantación totalmente compete a los gobernantes, no es un patrón único para todas las naciones, porque como todas las producciones humanas hijas del arte técnico utilitario poseen por un igual arte y técnica. Y mientras las reglas del arte para el hacer económicamente, pueden ser dictadas a voluntad de los gobernantes, la ciencia económica dicta leyes económicas, posibilitarias o imposibilitarias de ese hacer que no se deben vulnerar.

En tanto respetemos esas leyes naturales que en el campo de la ciencia económica se investiguen, es libre y potestativo de los gobernantes, supremos jefes de Empresa, establecer el orden económico más adecuado a la historia y geografía económica de las naciones que rigen. Lo que no puede hacerse, como no hace ningún jefe de Empresa, es pretender crear producciones artificiales, sin el concurso de la Técnica y sin respetar las posibilidades científicas de estas producciones.

Esas posibilidades son las que únicamente se reserva una verdadera ciencia económica, que es preciso investigar y desligar totalmente de la crematística o arte de hacer económicamente gobernantes y gobernados, para mejor regir los destinos de las naciones, los primeros, y para enriquecerse noble y lealmente, los segundos, bajo el orden económico implantado. Mas desconocidas aquellas posibilidades técnicas del nuevo orden, mientras a los gobernantes les falta el lazarillo de la ciencia para la implantación de un nuevo orden económico con las debidas garantías de acierto, no son ciertamente tampoco culpables los jefes de Empresa de que su enriquecimiento sea más o menos bastardo.

Tanto para los gobernantes como para los jefes de Empresa, la iniciativa individual es inherente a su calidad de seres racionales con inteligencia y voluntad o libre albedrío que es preciso respetar. Sólo la ciencia, señalando las fronteras entre libertad y libertinaje, frena en bien de todo el libre albedrío y la iniciativa privada.

He aquí resumido el pensamiento científico que preside esta investigación, sin otro ánimo que una labor de apostolado económico-social en pos de la integración en un verdadero orden económico, de la vida económica de las naciones todas del mundo civilizado. La evolución constructiva e inacabable es obligada y necesaria, en evitación de la revolución destructiva que acaba con todo y con todos. Evolucionar o sucumbir, es el dilema verídico que la Historia una y mil veces confirma.

Y cuando para no sucumbir las naciones, sus hombres de ciencia en el mundo entero dirigen sus miradas a energías y materias que poseen los cuerpos del mundo creado, y como armas potentes de destrucción desintegran la energía atómica, última de las existentes, en los últimos confines de la maeria, alzo mi voz suplicante a todos los hombres de ciencia y de buena fe para que, por el contrario, y tras el más grande exponente de Paz, concentren su atención en las supremas energías y materias que integran, respectivamente, el alma y el cuerpo de los seres racionales, con la imponente majestad que nos da el poseer todos los grados del ser.

Antes que descender hasta la desintegración destructiva de los seres minerales, es necesario elevarse hasta la integración constructiva de los seres racionales en un orden económico —básico del político y del social— que traiga la Paz en la tierra a los hombres de buena voluntad.

LA INVESTIGACIÓN ECONÓMICA

SEGUNDA PARTE

ENFOQUE GLOBAL DE LOS DERROTEROS A CONTINUAR EN ESTA INVESTIGACIÓN

TEORÍA Y TÉCNICA ECONÓMICA

A lo largo de cuanto antecede, se ha llegado a conseguir el objeto propuesto en este trabajo de investigación económica, que

no es ni más ni menos que probar que la Economía es realmente una ciencia, señalando, además de su clase (natural y social), la definición categórica de la misma y la de las palabras que constituyen su tecnicismo peculiar.

El hombre, como trabajador y sostén de su hogar a la par, satisface a través de una vida social o en sociedad, las necesidades sociales de la familia. Y la Economía, que tiene por energía activa el trabajo profesional de todos, tiene por finalidad categórica la natural y más justa satisfacción de esas necesidades familiares. Así lo pregona también la etimología de la palabra «economía», de «oiko», casa, hogar, y «nomos», normas; la Economía estudia las normas para el gobierno de los hogares familiares. Y elevada la Economía a la categoría de ciencia, y como todas las ciencias, basada en una energía en acción, surge inmediatamente el Trabajo como causa activa de la misma.

Mas inmediatamente también, si bien en la economía confundida con la Crematística o Arte de enriquecerse, las normas para el gobierno de las familias pueden ser puros preceptos cambiantes del arte de gobernar, los políticos, la ciencia económica con substantividad propia entonces, debe investigar leyes económicas científico naturales, que deben ser respetadas por todas las artes; del gobernante, guiándole en el dictado de esas normas, y de los gobernados, para que su arte crematístico de enriquecimiento sea natural y legítimo.

Continuando con el símil arquitectónico que a lo largo de esta investigación utilizamos, diremos como resumen que hemos llegado al fin propuesto: Sentar los firmes cimientos de la ciencia económica. Y terminado este estudio, completamos este trabajo señalando el camino a recorrer en una segunda eapa de investigación, ante la imposibilidad de recorrerlo paso a paso también ahora, por falta de tiempo y exceso de extensión de este trabajo. Haría falta para ello mucho más tiempo del que disponemos dedicado a esta labor de apostolado económico-social, netamente científico en el campo de la investigación económica.

Por ello me limito a exponer a grandes rasgos los derroteros de esta segunda etapa de obligada necesidad, por cuanto con los cimientos sólo del edificio, nada práctico hemos adelantado, por imprescindibles que sean para la futura construcción del mismo.

Sobre estos sólidos cimientos, es necesario, como decimos: *Estructurar y levantar el edificio que, albergando toda la actividad económica del género humano, corone su cúpula la simbólica balanza de la Justicia.*

Para ello, es preciso que toda la actividad económica se desenvuelva acatando las leyes científico-naturales de causa y efecto que la Verdad económica escrute; de otra suerte, el nuevo edificio se vendría abajo también, al igual que lo haría el que se construyera sin acatar las leyes de la mecánica para sus vigas y paredes maestras. Es potestativo del arquitecto construir bajo reglas o precepos del arte un edificio, pero siempre acatando y respetando leyes científicas para el cálculo de su estructura global y conjunta.

En igual forma, es potestativo de las gentes, que como artistas trabajan profesionalmente, producir bajo reglas o preceptos de un arte cualquiera, pero con la inexorable obligación de no vulnerar leyes científicas de la Economía. Mas con razón esas gentes que se enriquecen, pueden preguntar: ¿Cuáles son y dónde están esas leyes científicas de la Economía? He aquí la pregunta crucial, que nadie puede contestar, porque esas leyes no existen, ni podrán existir, mientras a «ciencia cierta» primero no se hayan definido con conceptos claros, precisos y distintos, las palabras que constituyen el tecnicismo peculiar de la economía. Si no sabemos, por ejemplo, qué es dinero, ¿cómo podemos formular ley alguna entre precios de las mercancías y retribuciones del Trabajo, unas y otro valorados en dinero? Otro tanto cabe decir sobre los conceptos de producción, cambio, consumo, tierra, trabajo, capital, dinero, crédito, etc., y tantos otros, hasta el punto de que como dice Robins: «Todos hablamos de la misma cosa, pero nadie sabemos de qué hablamos.»

Resuelto este previo problema económico, objeto de este trabajo, y hasta el fin de su primera etapa, al definir la ciencia económica, queda por recorrer una segunda etapa: *Escrutar las leyes científicas de la Economía, posibilitarias e imposibilitarias del hacer crematístico.*

Desde un principio hemos señalado que es éste el segundo paso de todas las ciencias; empezando por una ley o principio fundamental que relaciona causa y efecto, como el teorema de las fuerzas vivas en Mecánica, la ley de Ohm en electricidad, etcétera. Pero la Economía, ciencia natural como las citadas, pero en la esfera más elevada de las energías naturales existentes, cual es el trabajo profesional, no tiene tan siquiera ley fundamental alguna; mas por desconocida, no por ello con menos fuerza de obligar. En la medida que la vulneremos, más catastróficos son para el género humano los efectos del malestar económico, básico del político y del social.

Es ello claro y palpable, a la vista del adjunto esquema de «Economía y Finanzas» que se acompaña, confeccionado tras muchos años de estudio del actual mecanismo económico capitalista. Siguiendo la trayectoria que sigue todo ingeniero, cuando afronta y trata de resolver un arduo problema, he esquematizado el problema económico en este cuadro, grafiando una a una todas las actuales prácticas económicas; y señalando sus conexiones o relaciones de dependencia entre ellas, al igual que hacemos con una complicada maquinaria o un difícil esquema de montaje eléctrico. Sólo así podemos llegar a abarcar globalmente el problema, y sujetándonos a leyes científicas, afrontar su resolución hasta sus más nimios detalles.

De este esquema, globalmente fácil de comprender, claramente resulta que la actividad económico-financiera se desenvuelve en la actualidad con arreglo a simples reglas o preceptos de un arte crematístico, por carencia total y absoluta de leyes científico-económicas. Mientras estas leyes no se investiguen, poco podemos hacer los hombres de ciencia para resolver el problema económico; y menos los gobernantes, que enfrentados uno y otro día con la cruda realidad económica forzosamente han de dar pasos y palos de ciego. Es tal la trabazón existente entre salarios, precios, trabajo y capital, finanzas, etc., que por tratar de evitar usos y abusos de una u otra clase, es muchas veces peor el remedio que la enfermedad; automáticamente aparecen otros usos y abusos peores que agravan el problema económico, en vez de resolverlo.

De momento, la importantísima consecuencia que se saca de este esquema económico, es que las actuales prácticas económicas están totalmente ingobernadas por la ciencia; son con arreglo a normas o preceptos de un arte de gobernar para hacer sin saber si se vulneran o no leyes naturales, ni sin saber hacer

SUJETOS

Formación profesional

ECONOMIA

SUJETOS ECONOMICOS

SIN CAPITAL TECNICOS Y OBREROS | CON CAPITAL: EMPRESARIOS

ESTADO Y CORPORACIONES PUBLICAS

BANCO EMISOR

FINANZAS

BANCA y BOLSA

SUJETOS PRESTAMISTAS

RENTAS (Y SUBSIDIOS)

SUJETOS

Seguridad económico-social

TRABAJO Y CAPITAL

Trabajo y sus retribuciones

Producción (A.I.T.C.) y Cambio (mercados)

Consumo (Población activa)

Recursos económicos

Recursos naturales

A_1 A_2 A_3 C R M

D

E

V

D

I

Recursos monetarios

Recursos anti-naturales

CAPITALISMO

Mecanismo bancario y financiero

Supercapitalización-Descapitalización

Mercados de valores y capitales

Consumo (Población pasiva)

LA INVESTIGACION CIENTIFICA AL SERVICIO DEL APOSTOLADO ECONOMICO-SOCIAL

FAMILIAS | Trabajo - Bienes

Pdad. intelectual: Ingº Juan Mª Sandoval Campderá

ECONOMIA Y FINANZAS

Esquema general

Prestamos - Bienes | FAMILIAS

Registrado en España con el Nº

DIVULGACIÓN ECONÓMICA

MADRID - 1948



otra cosa mejor para evitarlo. Económicamente, nos falta el lazarillo de la ciencia; y de aquí esos tremendos bandazos a derechas y a izquierdas de las masas depauperadas y hambrientas, con tendencia siempre más acusada a la izquierda, hasta llegar al comunismo.

Es viva y palpitante, por tanto, la necesidad de un saber y de un saber hacer económicamente; o sea, de una verdadera Teoría y Técnica económica, que investigue y descubra leyes científico-económicas la primera, y dicte posibilidades o imposibilidades en el hacer económico la última. Sólo así el actual arte crematístico para «hacer» podremos substituirlo por un verdadero arte técnico utilitario, y caminar con los ojos muy abiertos hacia la total solución del grave problema económico que el mundo tiene planteado. Como repetidas veces se ha dicho, la ciencia económica no se reduce a enseñar cómo proceden las naciones y las gentes en la actividad económica, sino cómo deben proceder, para que económicamente reine en el mundo la Justicia y la Paz social.

Y para ello, la Teoría y la Técnica económica, o sea, los hombres de ciencia a su servicio, tienen la palabra.

Este es, pues, el camino a recorrer: Después de sentar los cimientos de la ciencia económica, investigar las leyes científicas que, como vigas y paredes maestras, sostengan firmemente el edificio. Y a tenor de esas leyes, revisar tanto las múltiples teorías y escuelas económicas existentes, como todas las numerosas prácticas crematísticas y financieras actuales, que sin intervención de la ciencia económica —porque prácticamente no existe Teoría, ni Técnica económica— se han ido amontonando, vulnerando leyes divinas y humanas.

Quizás porque la Crematística es mucho más antigua que la Economía, va esta última a remolque de la primera, pretendiéndose inútilmente justificar lo injustificable científicamente. Es preciso que serenamente, y sin prejuicios en favor o en contra de una u otra práctica crematística, investiguemos la ciencia económica y mundialmente acatemos todos sus dictados. Esta es la única ruta posible a seguir, si como hombres de ciencia y de conciencia queremos afrontar y resolver el problema económico; no solamente agrícola, industrial y mercantil, sino tantos y tantos otros económicos, políticos y sociales que, como el de la vivienda, el paro obrero, la seguridad económico-social, la lucha por las materias primas, etc., que inquietan a la Humanidad. ¡La Teoría y la Técnica económica solamente son capaces de poner coto a este vivo y palpitante suplicio del género humano!

CONCLUSIÓN

¿DESINTEGRACIÓN O INTEGRACIÓN?

La importancia de este II Congreso Nacional de Ingeniería reclama que dentro del vasto campo de la ingeniería, los problemas que en él se planteen sean esencialmente científicos y trascendentalmente importantes; a ello obliga esta manifestación de vida pujante de la ingeniería española ante el mundo.

El más esencial y trascendental problema que la Ingeniería española se puede plantear es, sin duda, el del cumplimiento de su deber ante la sociedad humana, como hombres de ciencia en el campo de las ciencias naturales. Este extensísimo campo comprende desde los últimos confines de la desintegración biológica, mecánica, molecular y atómica, hasta la integración del género humano en sociedades de producción, en donde trabajan como sujetos económicos, no como personas. Sólo el ser racional, considerado en toda su integridad de persona portadora de valores morales supremos y con el alma inmortal con destino hacia Dios, queda fuera del ámbito de las ciencias naturales y de la ingeniería, por tanto.

Mas la ingeniería, frente a un orden moral supremo, que acata, y a un orden natural, que escruta, destruye este último, al crear y producir seres artificiales, más útiles y bellos, sí, pero sin orden ni concierto. Y al faltarle a la Sociedad humana el orden natural perfecto, obra del Sumo Ingeniero, del Sumo Hacedor, sin substituirlo la ingeniería por el artificial imprescindible, forzosamente cae en el mayor desorden.

Como ciencia es sinónimo de «saber» (Teoría), y de «saber hacer» (Técnica), desintegrar sabiamente la naturaleza, y producir sabiamente, también, seres artificiales, son dos etapas que cumple a la perfección la ingeniería. Pero falta a su deber, si no cubre una última etapa: integrar sabiamente, en un orden económico, los seres artificiales creados por la ingeniería y producidos bajo su dirección.

Como arte, es sinónimo de «hacer», los ingenieros en el ejercicio de nuestra profesión, somos artistas que creamos y producimos, bajo los dictados de la ciencia; o sea, con arte técnico utilitario para el género humano. Pero si con arte técnico desintegramos los seres naturales y provocamos fenómenos artificiales que destruyen el orden natural existente, para que sea realmente utilitario a la Humanidad el arte técnico, es preciso que, con arte técnico también, construyamos el nuevo orden artificial que substituya al natural que destruímos. Por ausencia de una verdadera ciencia económica que nos guía, no es técnico el arte; el nuevo orden, artificioso entonces, es hijo de la Crematística o arte de enriquecerse cada uno, bajo normas o preceptos cambiantes, dictados en el fragor de la pelea.

Al igual que la Ingeniería, del brazo con todos los hombres de ciencia, cubre brillantemente las etapas primeras de desintegración de la Naturaleza; es necesario que en estrecha unión con cuantos hombres de ciencia crean y producen también, cubra la última etapa de su misión histórica: integrar a todos los seres artificiales que «crea» y como rector del Trabajo profesional produce, en un orden económico, que obedeciendo a verdaderas leyes científico-económicas, ofrezcan las máximas garantías de artificial, pero no de artificioso.

Esta es la labor ingente y urgente de la ingeniería ante la realidad de un mundo totalmente desintegrado y desordenado en lo económico, básico de lo social y de lo político.

En este estudio de investigación económica que tengo el honor de presentar al Congreso, demuestro que la Economía es ciencia natural; y que su energía activa es el trabajo profesional del género humano, del cual es rector la ingeniería también. Luego, por doble motivo, la ingeniería implica y postula el conocimiento científico de la Economía, para que los seres artificiales que produce, sean instrumentos de paz y de bienestar del género humano, no armas de destrucción.

Y como, fundamentalmente, son económicos los temas planteados en este Congreso, formalmente aseguro que sus soluciones, totales y definitivas, sólo la investigación económica puede

darlas. Pues mientras a los gobernantes les falte el lazarillo de una verdadera ciencia económica y, como tal, única y universal, forzosamente tienen que dar pasos y palos de ciego. Dos doctrinas económicas están hoy en pugna: Capitalismo y Comunismo; en el término medio está la Verdad y la Virtud. En la satisfacción del deber cumplido, el triunfo será seguro, si investigamos la Verdad económica, bajo la luz vivísima de las virtudes que encierra la Moral Cristiana.

Tras un apostolado económico-social de muchos años y en plena madurez mis modestas investigaciones, me cabe el honor de presentar a este Congreso el segundo cuaderno sobre investigación económica, escrito expresamente para el mismo. Me induce a ello la cálida aprobación de mi primer cuaderno por parte de elevadas personalidades del mundo científico en todas las ramas de la ciencia: desde abogados, médicos, ingenieros y economistas, hasta sociólogos y moralistas, ilustres purpurados de nuestra Religión Católica. Las cartas, cuyas copias acompaño, de los excelentísimos señores don José Ibáñez Martín, Ministro de Educación Nacional, y don Alberto Martín Artajo, Ministro de Relaciones Exteriores, invitándome a proseguir esta ardua, difícil e ingrata labor que me he impuesto, y muchas otras en parecidos términos, motivan mi atrevimiento al someter al Congreso esta base netamente científica, de investigación económica.

Al repudiar por existencia o «hecho de ser» como hombres, y por esencia o «modo de ser» como españoles, la concepción materialista de la historia, como ingenieros conscientes del vital dilema para la Humanidad: ¿Desintegración atómica e integración económica?, hemos de pronunciarnos por la última, que en jerarquía superior a la primera es básica e indispensable, para no arrastrar a la Humanidad al fin apocalíptico de destruirse a sí misma.

Como dice el excelentísimo señor Ministro de Asuntos Exteriores, este proyecto que expongo es ambicioso; y por mi parte, añado, superior a mis fuerzas. Para llevarlo a feliz término es necesaria la colaboración estrecha y generosa de todos los hombres de ciencia y de conciencia.

Que Dios nos ilumine y nos ayude en esta trascendental empresa, cuyos primeros cimientos siento, y sus directrices globales y seguras me caben el honor de exponer ante este importante II Congreso Nacional de Ingeniería.

Madrid, mayo de 1950.

Por ausencia del autor, da lectura al resumen del siguiente, número 166, el Sr. D. Manuel María Zulueta, por delegación.

N.º 166. - El empleo de los métodos estadísticos en la investigación técnica

Autor: D. RICARDO PÉREZ CALVET
Ingeniero Agrónomo

I

Los descubrimientos de la ciencia estadística están siendo utilizados en la investigación científica con gran eficacia.

Las inferencias se producen en investigación a partir de observaciones de que se hace objeto un material de cierta variabilidad. En ella el estudio de las muestras ha de conducir a conclusiones lógicas sobre la estructura de poblaciones o colectivos.

Esta inducción del posible conocimiento de una población cuando sólo se poseen algunos grupos de valores o muestras de la misma, constituye problema estadístico con el que hay que enfrentarse basándose en hipótesis de probabilidad.

La utilización de metodología estadística apropiada para ello se inspira en la teoría de probabilidades que permite determinar las variaciones entre muestras y las diferencias entre estas muestras y sus poblaciones, y, por tanto, inferir de la observación de las muestras el conocimiento de las poblaciones.

La interpretación de los resultados experimentales es una cuestión estadística. Ha habido necesidad de estudiar la manera apropiada de plantear los experimentos, deducir los resultados y comprobarlos.

Al Profesor R. A. Fisher se debe especialmente el desarrollo de la valiosa técnica que comenzó a utilizar en la Estación Experimental Agrícola de Rothamsted, hoy extendida por todos los campos de la investigación científica. Esta técnica se caracteriza por *a*), utilizar cierto número de repeticiones; *b*), distribuir los tratamientos al azar, y *c*), introducir determinadas restricciones en las distribuciones así obtenidas.

La necesidad de repetir los tratamientos en los ensayos comparativos agrícolas se había ya puesto de manifiesto al comprobar que en diversas parcelas tratadas del mismo modo, son distintas las producciones y, por tanto, que no debía, por ejemplo, suponerse deducido el efecto de un fertilizante de la observación de dos únicas parcelas, una tratada y la otra testigo, puesto que su diferente producción no era consecuencia solamente de la acción de ese fertilizante. El procedimiento actualmente empleado consistiría en *a*), la adición del fertilizante a varias parcelas para hallar la media de los rendimientos de todas ellas y compararla con la de otro número análogo de parcelas semejantes, que no reciben ese tratamiento, y *b*), la estimación mediante la teoría de errores de la exactitud de la diferencia de esas medias.

La distribución de los tratamientos se hace al azar, pero en parcelas próximas, porque la variación de la fertilidad del terreno no sigue las leyes del azar y presenta cierta sistematización o tendencia a ser semejante en parcelas contiguas. Esta restricción no ha de resultar incompatible con que se satisfaga en el grado necesario la condición de aleatoriedad base de la teoría de las pequeñas muestras. Aunque los experimentadores tengan a su disposición métodos estadísticos, precisos y eficaces, se encuentran a veces experimentos hechos sobre material de evidente variabilidad en que se han seguido procedimientos de otro género. Estos suelen conducir a que en el estudio de las mismas cuestiones se llegue a resultados muy diferentes, produciéndose como consecuencia perturbaciones y controversias que desaparecen en cuanto se substituyen esos procedimientos por los basados en el análisis estadístico.

El investigador que se inicia en el empleo de la moderna metodología estadística puede sentirse perplejo en la elección del método. Realmente los descubrimientos en esta rama de la ciencia se suceden rápidamente y son muchos los métodos nuevos propuestos a cada paso, lo que da lugar a la desorientación de quien no ha seguido al día sus progresos, pero todas las modalidades pueden emplearse con éxito aún sin tener una especialización matemática. Lo que constituye el campo de acción propio de los especialistas es el descubrimiento de nuevos procedimientos, adaptar los conocidos a determinadas condiciones y desarrollar las teorías complementarias.

El experimentador será, en cambio, quien diga siempre la última palabra sobre las limitaciones de los métodos que se le proponen, la posibilidad de que satisfagan los requerimientos de cada caso y la eficacia que tienen.

En la actualidad la moderna metodología estadística se emplea en la revisión de todas las cuestiones científicas. Así sucedió ya en el conocido trabajo de Fortet sobre la ligazón telefónica y en muchos estudios, no recientes, de problemas como el de la ordenación del tráfico urbano y carretero y la multiplicación de los accidentes en la industria y posibilidad a evitarlos. Los procedimientos empíricos resultan inciertos y engorrosos. Se sabe, por ejemplo, que restablecidas en un momento dado las circunstancias origen de determinadas consecuencias, reaparecerán éstas, pero no se está nunca seguro de conseguir que se restablezcan ni de apreciar con acierto cuáles son las esenciales entre esas circunstancias.

Se reconoció en seguida que habían de derivarse grandes ventajas de la aplicación en los estudios biológicos de la referida metodología estadística, dada la evidente e inevitable variabilidad de su material y la imposibilidad de repetir los experimentos más allá de cierto número de veces. En genética fueron abandonados los procedimientos biométricos descriptivos y empíricos, característicos de sus primeros pasos, y el camino iniciado por Mendel ha desembocado en los actuales derroteros de la mejora de plantas.

En agricultura las investigaciones se basan por lo general en la existencia de una correlación. Así sucede en el estudio del efecto de factores como las precipitaciones atmosféricas, la temperatura, los fertilizantes, el poder germinativo de las semillas, el coeficiente de multiplicación de los microorganismos presentes en los procesos de fermentación, en el suelo, y en la leche y sus derivados, y de muchos de los problemas que se plantean en fitopatología y entomología vegetal.

Los descubrimientos de Fisher tuvieron que revolucionar también la investigación física y química en cuanto fué desechada la idea de que su material es de gran invariabilidad, medible con precisión, y constituído por la agregación de átomos y partículas elementales análogas. Primero en la teoría Cinética de los gases, y después en la electrónica de la materia, se viene haciendo una amplia aplicación de sus principios.

En todos los laboratorios las mediciones están sujetas a errores experimentales. Se deja sentir la variabilidad en el material, en los aparatos y en las manipulaciones. A veces las investigaciones se realizan en el taller, en la fábrica o en el terreno y su desarrollo ha de hacerse compatible con la necesidad de no producir excesivas perturbaciones en el trabajo normal, lo cual obliga a plantearlo mediante el auxilio de aplicaciones de las teorías indicadas. También han de hacerse por medio de ellas las pruebas de calidad y de rendimiento, indicadoras de la posible presencia de defectos en la técnica de la producción o en el producto manufacturado.

A las mismas teorías estadísticas se recurre en los estudios relacionados con los característicos problemas de la resistencia de materiales, cuya calidad, constitución y tamaño presenta gran variabilidad. Estructuras y máquinas trabajan en condiciones que no permanecen constantes y soportan, por ejemplo, presiones, tráfico y demanda de fuerza electromotriz, variables, bajo el efecto de temperatura y humedad también variables.

En la deducción de los coeficientes de seguridad, relacionados con las referidas variaciones, que venían estableciéndose empíricamente hasta hace pocos años, se sigue ahora el camino estadístico moderno.

En la investigación agrícola española se introduce la metodología de Fisher, antes de 1935. En ese año los ingenieros agrónomos Goytia y Sancho Peñasco dan ya a conocer sus dos trabajos: *Aplicaciones del análisis de la covarianza a una experimentación* y *La experimentación agrícola y el cuadrado latino.* A partir de entonces se generalizan estos métodos, hoy empleados por todos los investigadores agrícolas. Al desplazamiento de ingenieros a los laboratorios de Estadística de la Estación Experimental de Rothamsted y de la Escuela de Agricultura de Cambridge, sucedió en 1940 la creación de la Sección de Estudios Económicos, Estadísticos y de Matemática Aplicada, del Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas.

II

El trabajo resumido a continuación fué planteado, en 1941, en la Estación Experimental de Arajuez. Forma parte de una serie dedicada al estudio de la extensión que debe darse en determinadas circunstancias a las muestras empleadas en los estudios comparativos agrícolas.

Se trata de trabajos de planteamiento sumamente sencillo, pero de desarrollo engorroso, ya que se requieren en cada caso varios centenares de mediciones cuantitativas de cierta exactitud. Hemos finalizado algunos y otros están en ejecución.

A dicho trabajo siguió una aplicación de las teorías de Fairfield Smith sobre el efecto en la precisión experimental de la variación de las parcelas, de los bloques, del tipo de diseño y de las restricciones en la elección de parcelas.

Se ha comprobado que, tratándose de parcelas de tamaño corriente, hay una regresión de la distribución de la fertilidad del terreno, o variación correspondiente, sobre el tamaño de la parcela, expresada por

$$V_x = \frac{V_1}{b^1}$$

V_1, es la varianza de las parcelitas elementales; x, el número de las que forman la parcela; V_x, la varianza de las parcelas, y b^1, el coeficiente de regresión de la varianza por parcela sobre el tamaño de la misma.

La forma logarítmica de la ecuación

$$\log. V_x = \log. V_1 - b^1 \log. a$$

representa una recta, lo que indica que para un mismo aumento relativo de tamaño de parcela de repetición será constante la variabilidad relativa del terreno.

Hicimos caso omiso de la forma de las parcelas y de los bloques y nos referimos sólo a su tamaño, para evitar la complicación de considerar todas las combinaciones de tamaños y formas de bloques por ellas formados. Se obtuvo así la expresión correspondiente a las varianzas respectivas, y se dedujo después la de entre bloques y dentro de bloques, fundándose en que para un número de parcelas n, cada una de las cuales contenga x parcelitas elementales, dispuestas en bloques de m parcelas, la

varianza de las parcelas referidas a la parcelita elemental tiene como expresión:

$$\left(V_a\right) m \quad \text{y la regresión, es}$$

$$\log.\left(V_x\right)\frac{n}{x} = \log.\left(V_1\right)_n - b \log.\alpha .$$

$(V_x)\frac{n}{x}$, varianza de n parcelas compuestas de x unidades experimentales, resulta curvilínea para cualquier valor de n distinto del primitivo, lo que no está en contradicción con la ley antes expresada más que aparentemente, siempre que se trate de parcelas de tamaño corriente, y admitimos que la totalidad del terreno ocupado por la parcela representa un bloque de un campo de extensión infinita y que

$$\log.\left(V_x\right) = \log.\left(V_1\right) - b \log.\alpha$$

A partir del bosquejo del análisis de la varianza, se ha podido estimar la varianza de las parcelas constituídas por x unidades experimentales

$$\left(V_x\right) m = \frac{\left(V_x\right)\left(1 - m^{-\tau}\right) m}{m - 1}$$

y comprobar que

$$\frac{\left(V_x\right) m}{\left(V_x\right) \infty}$$

tiene un valor independiente de x, y constante para valores determinados de m y b.

Una vez obtenido el valor del coeficiente b, y después de deducir la expresión del tamaño óptimo y de los efectos de borde llegamos a la expresión de la exactitud y del coste relativos de la experimentación, en el caso de emplear muestras o parcelas de diverso tamaño.

Los resultados de la referida experiencia dieron lugar a la expresión

$$\log. V_x = 1.2089 - 0{,}6515 \log.\alpha$$

o sea

$$V_x = \frac{25{,}221}{0.0515}$$

siendo 25,221 la varianza de las producciones por unidad experimental y x el número de estas unidades con que se constituye cada parcela.

Por último, determinamos los 15 coeficientes de trabajo correspondientes a las distintas operaciones de campo y laboratorio, para poder calcular el valor de la expresión

$$x = \frac{\left(K_1 + K_d A\right)^8}{\left(k_2 + K_d B\right)(1 - b)} = 8{,}15$$

III

Los principios estadísticos aplicados en las investigaciones correspondientes a las diversas especialidades técnicas son los mismos y los métodos empleados en todos los casos suelen obedecer a líneas generales comunes, pero el experimentador agrícola se encuentra siempre en condiciones especialmente desfavorables. Sus parcelas son de una superficie muy limitada y los datos de producción no se recogen sino una vez por año, mientras que en los otros casos lo corriente es disponer de una gran cantidad de material y poder comenzar las experiencias en cualquier momento. En Agricultura los programas experimentales hay que desarrollarlos paso a paso y no cabe esperar que haya finalizado una etapa para decidir lo que ha de hacerse en la siguiente.

La metodología experimental está perfeccionada en agricultura especialmente, pero cada día es más frecuente encontrar interesantes formulaciones de diseños experimentales apropiados para llenar las exigencias de todas las técnicas. En gran escala los emplean ya Centros como la Estación experimental de Ingeniería Naval de Maryland, de EE. UU., en estudios que comprenden desde la comprobación de la calidad de los aceites lubrificantes y la determinación del tamaño óptimo de los electrodos en relación con el grado a que llega la temperatura, hasta las características de la ignición de los combustibles y la calibración de máquinas, estudios que realizan con el auxilio de cuadrados latinos, bloques de parcelas al azar, experimentos factoriales sencillos y experimentos factoriales de parcelas subdivididas, de diseños idénticos a los que vienen siendo corrientes en las experiencias agrícolas.

En la comunicación de Besse B. Ley al último Congreso de Estadística, al referirse a la adopción por la ingeniería del empleo de los procedimientos estadísticos modernos, se extiende en consideraciones sobre las ventajas que tendría la presencia de los estadísticos en el campo de nuestras actividades para facilitar el paso a la práctica de los progresos teóricos estadísticos, y hace notar que, en cambio, el estadístico ha de familiarizarse, en cuanto le sea posible, con las técnicas y problemas del ingeniero para estar seguro de que le propone las mejores soluciones posibles.

Desde luego, en la investigación técnica, bien sea realizada en el laboratorio, en la fábrica o en el terreno, y orientada por el organismo o dirección que rige las empresas, o por una institución independiente, tendrán que utilizarse, cada día más, todos los recursos estadísticos. El estudio de la relación entre causas y efectos, plenos de variaciones manifiestas de todo género, ha de hacerse de un modo científico. Aún en los casos que parece posible gobernar las variaciones es difícil evitar que durante alguna etapa de las experiencias se produzcan variaciones naturales no previstas.

En la práctica, la vigilancia de la producción, el de la eficiencia, y el de la calidad está lejos de ser perfectos. Primeras materias, obreros, capataces, condiciones y tipo de maquinaria, edad de ésta, procesos de manufacturación, demandas de los mercados, suelen ser de gobierno imposible, impracticable o antieconómico, de modo que en el tiempo y en el espacio las variaciones son considerables y la aplicación del análisis estadístico resulta indispensable.

Ahora bien, en las circunstancias españolas no creemos necesaria la intervención sistemática en la investigación técnica de estadísticos ajenos a nuestras especialidades. Esta intervención sólo podría considerarse razonable si la preparación científica de los ingenieros no se prestara a una rápida asimilación de la meto-

dología correspondiente, o si dejáramos de tomar ésta en consideración oportunamente, se abandonara por nosotros el estudio de los descubrimientos de la estadística, producidos y que puedan surgir, o no pusiéramos en marcha las investigaciones apropiadas para determinar la mejor forma de adaptarlos a las condiciones peculiares de nuestro país.

Se trata no sólo de aplicar en las distintas técnicas las teorías ya conocidas, sino de idear, a ser posible, otras mejores, y llenar el escalón intermedio entre el descubrimiento de los métodos y su acertado empleo, es decir, de comprobar cuándo y cómo debemos servirnos de ellos, proponer las modificaciones a introducir en los mismos y marcar las precauciones con qué hacerlo en cada caso, trabajos que no es probable se realicen con acierto sin contar con la ponderación que sólo suele proporcionar la práctica profesional.

Ahora bien, parece oportuno que en cada especialidad nos ocupemos de la formación de los correspondientes investigadores, teniendo en cuenta el arrollador empuje de la estadística experimental. Es indudable que debe orientarse en sentido estadístico el estudio del mejor aprovechamiento de los medios de producción de que el país no dispone en cantidad suficiente, para los fertilizantes, los riegos y la energía eléctrica.

Mayo 1950.

Luego de éste, se lee el siguiente trabajo número 167:

N.º 167. - Los métodos estadísticos basados en muestras y su aplicación al estudio de nuestra realidad económica nacional

Autor: D. MANUEL MARÍA ZULUETA
Ingeniero Agrónomo

NECESIDAD DE QUE LOS INGENIEROS TENGAN FORMACIÓN ESTADÍSTICA

La planificación de la economía y, en general, cualquier medida de regulación económica o política social, requiere estadísticas fidedignas que permitan conocer previamente la realidad sobre la que se opera, así como ir pulsando las consecuencias y repercusiones de las normas que se dicten. Superada ya la fase del viejo liberalismo económico, en el futuro toda política habrá de apoyarse sobre una ordenación de la economía, necesaria aún en el caso de que se adopte plenamente como norma la de libertad de mercado, pues será preciso garantizar, con medidas concretas, esta libertad para que no se desvíe y conduzca a intervenciones ingobernadas de los particulares, que la destruyan.

El economista, el sociólogo, el político y el técnico necesitan, en nuestros días, disponer de amplias estadísticas sobre la producción, el consumo nacionales y otros muchos hechos sociales y económicos para basar en ellos la orientación que han de seguir en sus estudios y trabajos, y las normas que han de presidir su actuación profesional.

De pocos años a esta parte la preocupación en nuestra Patria por las tareas estadísticas ha ido en aumento y los esfuerzos laudables, pero esporádicos, de algunos servicios del Estado en años anteriores a 1936 han sido superados por una preocupación de gobierno por obtener datos completos y verídicos, tanto más necesarios cuanto que la creciente intervención económica propia de las circunstancias de guerra tenía que basarse en ellos. Sin embargo, no podemos sentirnos satisfechos con lo conseguido hasta el momento, pues de todos es sabida la escasa confianza que merecen muchas de nuestras actuales estadísticas. Es, pues, preciso complementarlas y perfeccionarlas, pero no sólo desde un punto de vista que podríamos llamar administrativo, de la escrupulosidad en la obtención y compulsa del dato, sino también con una modernización de los métodos, que permita obtener el mayor rendimiento posible a las consignaciones presupuestarias que a estos fines estadísticos puedan dedicarse. La obtención del máximo provecho de las cantidades consignadas y el señalamiento de las sumas mínimas precisas para obtener información suficientemente completa de aquellos extremos que se estime necesario conocer estadísticamente, constituyen problemas técnicos a los que los ingenieros no pueden mostrarse ajenos. Además, para hacer bien las estadísticas de aquellos procesos productivos en los que intervienen los ingenieros, se necesitan conocer dos técnicas: la estadística y la de las producciones a las que se quiere aplicar ésta. Por tanto, no se conseguirá buen resultado si la confección de estadísticas de las actividades técnicas y de la producción en general se encomienda, exclusivamente, a estadísticos profesionales. Es necesario que quienes dirijan esta tarea sean, en buena parte, ingenieros que conozcan a la vez la estadística y su técnica profesional. Esto no excluye, naturalmente, la actuación de los estadísticos puros, ni menos aún la de los especializados en una rama determinada de la estadística técnica, que por su dedicación profesional pueden proporcionar colaboración valiosísima. De la acertada cooperación del ingeniero y del estadístico profesional, sólo pueden salir bienes, pero para que se puedan entender es preciso que ambos tengan el suficiente conocimiento de la técnica que aplica el otro.

ESTADÍSTICAS EXHAUSTIVAS Y ESTADÍSTICAS BASADAS EN MUESTRAS

Dos clases de métodos pueden emplearse para hacer estadísticas de colectivos muy numerosos: los exhaustivos que pretenden computar todos los hechos que se quieren registrar y los basados en muestras estadísticas que infieren de la realidad observada en cierto número de sujetos, lo que sucede en el colectivo entero.

Los primeros son los que tradicionalmente se vienen empleando. Los censos, desde los tiempos más antiguos, responden a este concepto y no se debe esperar su total substitución por otros métodos, pues los basados en muestras requieren frecuentemente

para una acertada toma de las mismas, que se disponga previamente de un censo en el cual se hallen todos los datos o todos los objetos que se desean estudiar. El perfeccionamiento de los censos constituye, pues, premisa indispensable para la obtención de modernas estadísticas eficientes.

Los métodos basados en muestras que han adquirido especial desarrollo desde hace dos decenios, tienen antecedentes remotos según señala F. F. Stephan (1).

Las estimaciones de cosechas, las encuestas sobre cuestiones económicas y sociales y los sondeos de la opinión pública, a que tan aficionados se muestran los norteamericanos, fueron realizados en este país y durante los primeros decenios del presente siglo por métodos de toma de muestras notoriamente inadecuados, que causaron mucha desconfianza sobre su eficacia, debido a algunos fracasos ruidosos.

El perfeccionamiento de la técnica de la toma de muestras en el decenio de 1920 al 30 permitió iniciar en Norteamérica, a partir de esta fecha, buen número de encuestas con aplicación de tales métodos.

En la reunión celebrada en Roma por el Instituto Internacional de Estadística en el año 1925 se adoptó una resolución por la cual se recomendaba el empleo de toma de muestras con fines estadísticos, siempre que ésta se hiciese con las debidas precauciones para que fuesen representativas y se empleasen tratamientos matemáticos adecuados.

Lentamente, pero con ritmo cada vez más vivo, se van adoptando los nuevos métodos basados en muestras, a partir de esta fecha, en muchos países.

ESTADO ACTUAL DE LAS APLICACIONES DE LA TEORÍA DE MUESTRAS

El desarrollo de la teoría estadística recibió impulso importante gracias a la labor de los estadísticos que se especializaron en investigación agronómica, los cuales desarrollaron especialmente los métodos basados en muestras pequeñas, con vistas a estudiar la significación de las experiencias agrícolas comparativas. En este campo hemos de mencionar como precedentes remotos los estudios de «Student» publicados en la revista *Biométrika* en 1909-10 (2) y los de W. B. «Mercer» y A. D. Hall publicados en 1911 en el *Journal of Agricultural Science* (3) y que fueron seguidos de los trabajos de R. A. Fisher y de toda la escuela moderna estadística inglesa, aumentados en época reciente con aportaciones importantes de los estadísticos norteamericanos y de otros países.

En época algo posterior los estudios encaminados a la inspección de la producción industrial y al gobierno de calidad de los artículos obtenidos, han contribuído poderosamente al desarrollo de la teoría de muestras. Los emprendidos a partir de 1923 por los técnicos de la Western Electric Company, productora de material telefónico, pueden citarse como precedentes más antiguos.

En Norteamérica, la conferencia celebrada en el mes de julio de 1936 en Ames, por iniciativa del Bureau of Agricultural Economics de la Universidad de Iowa, constituye un jalón en el estudio del empleo de las muestras para aplicaciones agrícolas.

Otra fecha fundamental es la de la adopción en 1943 por esta misma Universidad del sistema de muestra permanente (Master Sample) para los estudios de estadística agrícola.

La situación actual de la aplicación de la teoría de muestras es la siguiente: se hace ya en numerosos países uso muy amplio de las muestras tomadas al azar, siempre con especiales precauciones para que, efectivamente, tengan esa cualidad que se les atribuye.

También se emplea a veces la toma de muestras en dos grados. Este método está indicado en aquellos casos en que existen dos caracteres, a y b que presentan una correlación muy marcada del cual interesa estudiar uno, el b por ejemplo, mientras que siendo el otro más visible, resulta más fácil obtener por su medio una muestra. Se opera entonces obteniendo una primera, al azar, con respecto al carácter a y después, de entre los objetos contenidos en ella, se tomará una nueva muestra, mucho más reducida, en la cual se ha de estudiar el carácter b.

En algunos casos en que la elección de un objeto permite obtener fácilmente datos de otros relacionados con él, se puede emplear la llamada toma de muestras en racimos, por la cual, en lugar de formar la muestra sacando objetos entre todos los que forman el colectivo objeto de estudio, se obtiene, por azar, un número mucho más reducido de ellos y se estudian no sólo los obtenidos, sino también aquéllos que guardan con ellos cierta relación previamente definida. Por ejemplo, para estudiar cierto carácter en una población se puede sacar al azar un cierto número de cabezas de familia y estudiarlo en todos los que con ellos conviven, o si se trata de hacer una encuesta sobre obreros, sacar al azar cierto número de sujetos y estudiar los caracteres que interesen en ellos y en sus compañeros de taller. Esta técnica sólo es aplicable para caracteres en los cuales no exista corralación intraclase.

Cuando se quiere estudiar la afinidad de caracteres entre los que componen un mismo grupo, los métodos basados en la correlación intraclase y en el análisis de la varianza son los indicados.

El estudio de las muestras sistemáticas se encuentra mucho más atrasado que el de las obtenidas al azar. Rara vez se emplean hoy muestras puramente sistemáticas que, sin embargo, en casos particulares pueden estar indicadas. En cambio se hace un uso muy amplio de las muestras estratificadas, es decir, obtenidas al azar de los varios estratos o grupos en los que previamente se ha dividido el colectivo objeto de estudio.

Los métodos de análisis secuencial de A. Wald, de los que ya se hace importante aplicación, especialmente en los problemas relacionados con el gobierno de calidad, se encuentran relacionados con los problemas de muestras.

Hoy disponemos, por tanto, de instrumentos suficientemente aficionados y de una experiencia internacional importante para poder acometer la substitución de métodos estadísticos costosos y anticuados, por otros más perfectos y en mayor cuantía con las necesidades de nuestros tiempos.

---

(1) *History of the Uses of Modern Sampling Procedures.* Frederick F. Stephan. «Journal of the American Statistical Association». Vol 43. Núm. 241. March, 1948.

(2) «The Distribution of the Means of Samples Wich Are not Drawn at Random». 7.210.

(3) «The Experimental Error of Field Trials», 4, 107-132.

Varios centros oficiales se preocupan del problema, en la resolución del cual tienen los ingenieros misión importante que cumplir.

NORMAS DE CONDUCTA QUE DEBEN SEGUIRSE

Para que los ingenieros puedan desempeñar debidamente la misión que les compete en los estudios encaminados al conocimiento exacto de la riqueza nacional y para otros fines profesionales, tales como planear acertadamente la organización interna de las empresas, normalización de fabricaciones, vigilancia de calidad, etc., es preciso aumentar el número de los que se especializan en estudios estadísticos. Dada la sólida base matemática que poseen todos los alumnos de ingeniería bastan cursos breves incluídos en los planes de estudios de las Escuelas, para que todos adquieran el fundamento indispensable que les permita especializarse en su día. La organización periódica de cursos monográficos de ampliación y el desplazamiento de algunos becarios a centros extranjeros, para ampliar su especialización estadística, permitirá que en todos los cuerpos de ingenieros exista el suficiente número de sujetos especializados para estudiar los problemas estadísticos de su técnica respectiva. Será necesario, también, asegurar a estos especialistas la posibilidad de mantenerse en puestos en que puedan dedicarse de manera primordial o quizá exclusiva a esta especialidad, como ya se viene haciendo en algunas carreras.

En el estado actual de desarrollo de la tecnología estadística, es muy conveniente que por los diversos órganos adecuados de la Administración Pública se formule un plan de los datos que se considere conveniente disponer dentro de un plazo prudencial. La confección de censos y de estadísticas es labor lenta y delicada que se compagina mal con la improvisación. No es posible en un momento dado obtener estadísticas veraces sobre un asunto concreto si previamente no se han creado los órganos necesarios para ello y éstos han trabajado ya reuniendo los datos censales más generales que sirvan de base para obtener aquello que se desea. Es, pues, preciso, señalar claramente cuáles son los censos, recuentos o catálogos previos que conviene hacer, pues sus datos, ordenados de una u otra manera, han de proporcionar la información que se precise en un momento determinado. Debe evitarse tener que crear nuevos servicios de carácter ocasional o tomar datos apresuradamente y sin garantías de veracidad para contesta a las preguntas que, con urgencia, pueda formular, en un momento dado, el sociólogo, el economista o el gobernante.

La toma de datos estadísticos tiene su técnica y no conviene dejar esa operación a la improvisación más o menos afortunada. Además de disponer de personas capacitadas para dirigir la ejecución de censos, la realización de encuestas, o la toma de datos sobre cualquier actividad, es necesario disponer de personal colaborador, suficientemente adiestrado y que tenga el sentido de disciplina que le haga merecer la confianza de sus jefes, el cual ha de dedicarse, bien sea durante toda la jornada laboral o sólo en parte de ella, a la obtención de datos en donde se precise. La recogida de éstos por medio de boletines enviados por correo ha dado muy mal resultado, aún en países cuyos habitantes tienen una psicología menos opuesta que la nuestra a contestar a requerimiento de esta clase. Los ensayos realizados en España han constituído notables fracasos. La declaración individual formulada por escrito, sistema muy practicado en España para la confección de censos, presenta también inconvenientes, por la desconfianza de muchos a suministrar datos verídicos, o simplemente a causa de la perplejidad que produce la defectuosa redacción de alguna pregunta. La toma de datos objetivos por medio de agente especializado y el relleno por éste de los boletines después de una conversación con quien haya de administrar aquéllos, son procedimientos que se han mostrado claramente superiores a los anteriores. Por tanto, quienes tengan la responsabilidad de formular estadísticas deberán cuidar mucho de adiestrar y seleccionar el personal colaborador de que hayan de valerse para la obtención del dato individual en el mismo lugar en que pueda ser objetivamente recogido.

Mayo, 1950.

A continuación fué leída por el Sr. Ruiz Tapiador la memoria siguiente, número 191:

N.º 191. - Métodos estadísticos en la industria. Control de la calidad

Autor: D. PEDRO MENDIZÁBAL LARUMBE
Ingeniero Industrial

CAPÍTULO PRIMERO

RESUMEN DE ESTADÍSTICAS

1.1. Toda industria produce cantidad de artículos iguales. Si se trata de productos a granel, cualquier parte que se tome ha de ser igual a las demás; si son productos de manufactura, todos han de ser iguales en sus condiciones. Este principio se puede aplicar a casi la totalidad de las industrias, aunque no se fabriquen grandes series.

Cada fabricante desea alcanzar un nivel de fabricación que le es necesario para su desenvolvimiento en el mercado y desea mantener ese nivel con una cierta regularidad. Para vigilar su fabricación e independientemente de los ensayos de recepción que haga el comprador, efectúa pruebas consistentes en mediciones, análisis, ensayos, etc., que le dan por resultado números que no son iguales, porque la igualdad absoluta no la podemos conseguir. Entre las diversas unidades hay diferencias que se deben a pequeñas causas imprevistas que intervienen en la producción.

Los números que obtiene en sus pruebas se van acumulando en el transcurso del tiempo y constituyen estadística cuyo examen no es sencillo y que conviene hacerlo de modo que se obtenga la mejor información posible acerca de la marcha de la fabricación.

Se ha estudiado con detención cuál es la forma más conveniente de presentar las estadísticas para que su examen sea fácil y rápido y permita obtener las consecuencias que de esa información estadística se puedan deducir. Hoy en día, como consecuencia de esos estudios, se han adoptado normas definidas, las que exponemos a continuación.

1.2. Forma de presentar los datos.—Depende de la cantidad de números recogidos. Cuando los datos son poco numerosos, basta ordenarlos con arreglo a su magnitud. Por ejemplo, 10 ensayos han dado los valores siguientes:

87-93-78-79-84-88-82-86-89-83.

Basta presentarlos en orden

78-79-82-83-84-86-87-88-89-93.

Pero supongamos que tenemos los 200 números que ya ordenados aparecen en la tabla I.

TABLA I

172	186	193	197	201	206	210	215	217	221	223	227	230	233	237	240	243	249	254	260
176	186	193	198	202	207	211	215	217	221	223	228	230	233	237	241	244	249	256	262
177	187	193	199	202	207	212	215	218	221	223	228	230	235	237	242	244	250	256	263
179	187	194	200	202	208	212	215	218	221	223	228	230	235	237	242	244	250	256	263
180	188	194	200	203	208	213	215	218	221	225	228	231	235	238	242	244	250	257	264
182	189	194	200	203	208	214	216	218	222	225	229	231	235	238	242	245	251	257	264
183	190	195	200	204	208	214	216	219	222	225	229	231	236	238	243	246	251	258	266
185	191	195	201	205	209	214	216	220	222	225	229	231	236	238	243	248	251	258	267
185	191	195	201	205	209	214	216	220	222	226	229	232	236	239	243	249	252	258	269
186	192	197	201	206	210	215	217	221	223	226	229	232	237	239	243	249	252	259	276

El examen es algo trabajoso aun tratándose de una estadística de poca amplitud. Es preferible presentar esos datos en una «distribución agrupada de frecuencias» (tabla II).

En esta tabla, en la primera columna, se ha consignado el número de orden de la clase; en la segunda, el valor medio de los que comprende la clase; en la tercera, los valores límites entre los cuales están comprendidos todos los de la clase; en la cuarta, *la frecuencia,* el número de valores incluídos en la clase; en la última, el cociente de la frecuencia por el número de datos de la tabla, lo que se llama *frecuencia relativa,* que es la probabilidad de cada clase.

En la tabla II hay 22 números, comprendidos entre 220,5 y 227,5, que pertenecen, por tanto, a la clase 8. La probabilidad de que tomando al azar un número de esa tabla pertenezca a la clase 8 es 0,11.

1.3. Para formar la tabla II conviene atenerse a algunas normas. Cualquiera que sea el número de datos a agrupar, el número de clases no debe ser inferior a 10 ni superior a 25. Son lími-

TABLA II

Clase	Valor medio de la clase	Valores límites de la clase	Frecuencia	Frecuencia relativa
		171,5		
1	175		3	0,015
		178,5		
2	182		6	0,03
		185,5		
3	189		11	0,055
		192,5		
4	196		13	0,065
		199,5		
5	203		18	0,09
		206,5		
6	210		14	0,07
		213,5		
7	217		24	0,12
		220,5		
8	224		22	0,11
		227,5		
9	231		21	0,105
		234,5		
10	238		20	0,10
		241,5		
11	245		16	0,08
		248,5		
12	252		13	0,065
		255,5		
13	259		11	0,055
		262,5		
14	266		7	0,035
		269,5		
15	273		1	0,005
		276,5		
			200	1.000

tes extremos; aún mejor si el número de clases está entre 13 y 20, ambos inclusive.

El intervalo de clase debe ser el mismo para todas; en la tabla II es de 7 unidades.

Como límites de clase se toman números con 5 unidades de orden inferior a la de los datos. Así, ningún número de la tabla I coincide con ningún número límite de clase, sin que haya duda de la clase en que haya de incluírsele. Cuando los números límites son del mismo orden que los de la tabla I, sucede con frecuencia que hay números que coinciden con los límites. Entonces, la mitad se pone en la clase inferior y la mitad en la superior. La práctica que se ha seguido es la más recomendable.

Si se hace la tabla con arreglo a esas instrucciones, no es preciso consignar los valores límites de las clases, que son la semisuma de dos clases consecutivas.

Como se ha dicho, siempre que sea posible debe hacerse un número de clases comprendido entre 13 y 20. Shewhart, en su obra *Economic Control of Quality of Manufactured Product*, fundamental en la aplicación de los métodos estadísticos a los problemas de la industria, dice que la experiencia demuestra que con ese número de clases la tabla retiene prácticamente toda la información que los datos originales, sin estar agrupados, pueden proporcionar.

Además, que no influye tanto la variación debida a la fluctuación de las muestras ensayadas y que, por último, la representación gráfica, que veremos a continuación, es más regular.

1.4. La forma práctica de realizar el recuento de datos para construir la tabla II depende del número de datos a contar.

Con 200, el método práctico es el indicado en la figura 1.1.

Cuando el número de datos es de consideración y se quiere proceder con seguridad, se pueden recoger las características de cada ensayo en una tarjeta y luego se hace un paquete con todas las tarjetas que pertenecen a una clase. En esa forma, en cualquier momento se puede comprobar la clasificación hecha y corregirla si se ha cometido un error. Cuando el número de datos es del orden de miles, conviene emplear alguna máquina de clasificar.

VALORES LIMITES DE CLASE			FRECUENCIA
De 171.5 a 178.5		|||	3
178.5	185.5	𝍸 |	6
185.5	192.5	𝍸 𝍸 |	11
192.5	199.5	𝍸 𝍸 |||	13
199.5	206.5	𝍸 𝍸 𝍸 |||	18
206.5	213.5	𝍸 𝍸 ||||	14
213.5	220.5	𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 ||||	24
220.5	227.5	𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 ||	22
227.5	234.5	𝍸 𝍸 𝍸 𝍸 |	21
234.5	241.5	𝍸 𝍸 𝍸 𝍸	20
241.5	248.5	𝍸 𝍸 𝍸 |	16
248.5	255.5	𝍸 𝍸 |||	13
255.5	262.5	𝍸 𝍸 |	11
262.5	269.5	𝍸 ||	7
269.5	276.5	|	1
		TOTAL	200

Fig. 1.1

1.5. Las distribuciones agrupadas de frecuencias se prestan muy bien a representaciones gráficas. Si, por ejemplo, queremos hacer un gráfico correspondiente a la tabla II, podemos tomar en abscisas los valores medios de clase, y en ordenadas las frecuencias correspondientes: 3-6-11-13, etc. Trazando un poco recias las ordenadas, tendremos una representación clara de la tabla. Si en vez de trazar las ordenadas marcamos los puntos y los unimos, tendremos el polígono de frecuencias. Podemos hacer la representación de otra manera; en lugar de tomar en abscisas los valores medios de clase, tomar los valores límites, 171,5-178,5-185,5-192,5, etc., levantar las ordenadas por esos puntos y unirlas por paralelas al eje de abscisas trazadas a la altura correspondiente a la frecuencia. Así se forma un *histograma*. Las tres formas de representación se han trazado en la figura 1.2.

1.6. Cuando el número de datos va aumentando, disminuímos el intervalo de clase y aumenta, por consiguiente, el número de éstas, el polígono y el histograma de frecuencias se van aproximando a una curva límite que recibe el nombre de *curva de frecuencias* (fig. 1.3), cuya importancia es muy grande en la información estadística.

En esta curva, el área comprendida entre dos abscisas a y b representa el número de ensayos o mediciones entre esos dos valores, o también, a otra escala, la frecuencia relativa. Es decir, que esa área nos da la probabilidad de que un número de la tabla tomado al azar esté comprendido entre a y b. El área de la izquierda nos da la probabilidad de que sea menor que a, y el área de la derecha la probabilidad de que sea mayor que b. La

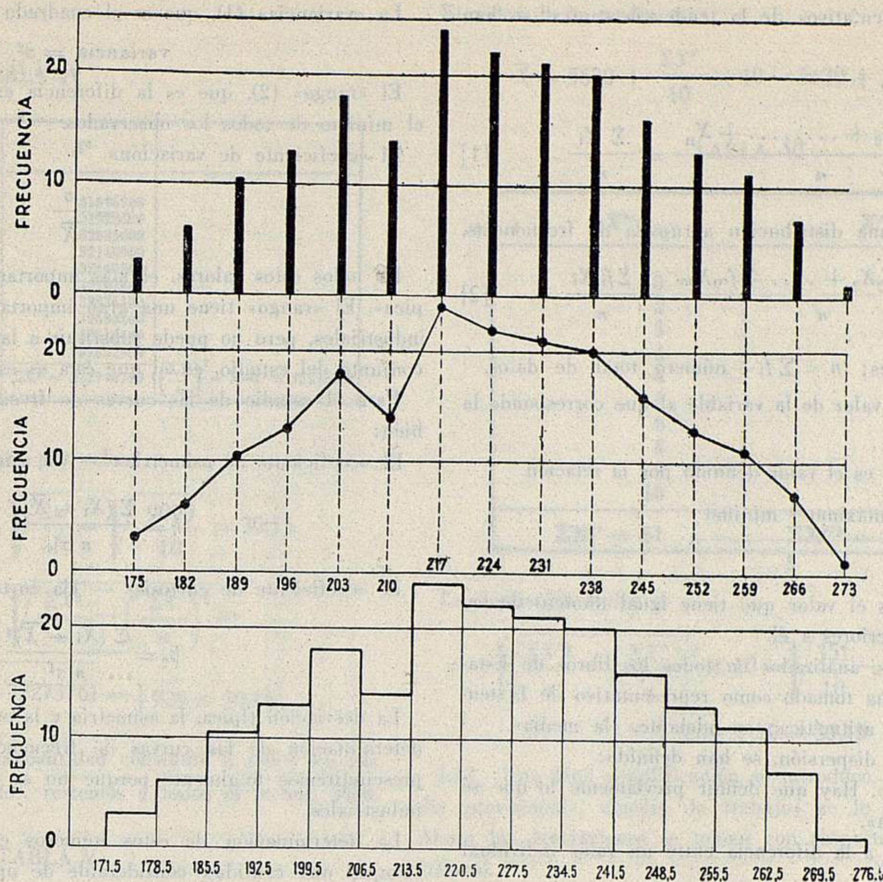


Fig. 1.2

superficie total es igual a la unidad, tomando como escala la correspondiente a la frecuencia relativa.

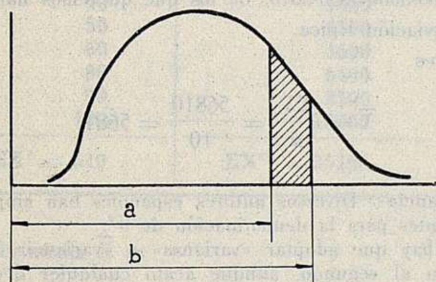


Fig. 1.3

1.7. Aunque se emplean mucho menos que las anteriores, se forman a veces las tablas de frecuencias acumuladas. A continuación, la tabla III de frecuencias acumuladas con los datos anteriores y cuya formación no exige aclaración alguna.

La representación gráfica, que no ofrece dificultad ninguna, se emplea poco en las aplicaciones industriales.

1.8. No es suficiente formar la tabla de distribución de frecuencias; es preciso encontrar unos números que resuman las características de la tabla y nos den la información necesaria. El objeto de la Estadística matemática es dar en pocos números la información que contienen todos los datos.

Se ha tratado de encontrar números que nos den idea de la tendencia central y otros que nos expresen la variabilidad de los datos con respecto al valor central, es decir, una medida de la dispersión.

TABLA III

Valores inferiores a	Frecuencia	Frecuencia relativa
178,5	3	0,015
185,5	9	0,045
192,5	20	0,1
199,5	33	0,165
206,5	51	0,255
213,5	65	0,325
220,5	89	0,445
227,5	111	0,555
234,5	132	0,66
241,5	152	0,76
248,5	168	0,84
255.5	181	0,905
262,5	192	0,96
269,5	199	0,995
276,5	200	1,000

Como números representativos de la tendencia central se han definido:

La «media aritmética»

$$\overline{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots\dots + X_n}{n} = \frac{\Sigma X_i}{n} \qquad [1]$$

Cuando se trata de una distribución agrupada de frecuencias,

$$\overline{X} = \frac{f_1 X_1 + f_2 X_2 + \dots + f_m X_m}{n} = \frac{\Sigma f_i X_i}{n} \qquad [2]$$

m — número de clases; $n = \Sigma f_i$ — número total de datos.

El «modo», que es el valor de la variable al que corresponde la máxima frecuencia.

El «valor medio», que es el valor definido por la relación

$$\frac{\text{máximo} + \text{mínimo}}{2}$$

La «mediana», que es el valor que tiene igual número de valores inferiores que superiores a él.

De todos estos valores, analizados en todos los libros de Estadística matemática, se ha tomado como representativo de la tendencia central la media aritmética; en adelante, «la media».

Representativos de la dispersión, se han definido:

La «desviación media». Hay que definir previamente lo que se entiende por «desviación».

Se llama «desviación» a la diferencia entre un valor individual X y la media $\overline{X}$, es decir,

$$x \text{ (desviación)} = X - \overline{X}$$

La «desviación media» viene expresada por la relación

$$\bar{x} = \frac{|X_1 - \overline{X}| + |X_2 - \overline{X}| + \dots + |X_n - \overline{X}|}{n} = \frac{\Sigma |X_i - \overline{X}|}{n} \qquad [3]$$

y en la distribución agrupada

$$\bar{x} = \frac{\Sigma f_i |X_i - \overline{X}|}{n} \qquad [4]$$

En ambas fórmulas $|X - \overline{X}|$ representa el valor absoluto de la desviación. Es preciso tomar los valores absolutos, porque de no hacerlo así se restarían los valores negativos de los positivos y el resultado sería siempre cero.

La «desviación típica», definida por las fórmulas

$$\sigma = \sqrt{\frac{(X_1 - \overline{X})^2 + (X_2 - \overline{X})^2 + \dots + (X_n - \overline{X})^2}{n}} =$$

$$= \sqrt{\frac{\Sigma (X_i - \overline{X})^2}{n}} = \sqrt{\frac{\Sigma X_i^2}{n} - \overline{X}^2} \qquad [5a] \text{ y } [5b]$$

En la distribución agrupada

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma f_i (X_i - \overline{X})^2}{n}} = \sqrt{\frac{\Sigma f_i X_i^2}{n} - \overline{X}^2} =$$

$$= \frac{1}{n} \sqrt{n\, \Sigma f_i X_i^2 - (\Sigma X i)^2} \qquad [6a], [6b] \text{ y } [6c]$$

La «variancia» (1), que es el cuadrado de la desviación típica

$$\text{variancia} = \sigma^2 \qquad [7]$$

El «rango» (2), que es la diferencia entre el valor máximo y el mínimo de todos los observados.

El «coeficiente de variación»

$$v = \frac{\sigma}{\overline{X}} \qquad [8]$$

De todos estos valores, el más importante es la «desviación típica». El «rango» tiene una gran importancia en las aplicaciones industriales, pero no puede substituir a la desviación típica en el conjunto del estudio, en el que ésta es esencial.

Para el estudio de las curvas de frecuencia, se emplean también:

El «coeficiente de asimetría» — (la asimetría)

$$k = \frac{\Sigma (X_i - \overline{X})^3}{n\, \sigma^3} \qquad [9]$$

El «coeficiente de curtosis» — (la curtosis)

$$\beta_2 = \frac{\Sigma (X_i - \overline{X})^4}{n\, \sigma^4} \qquad [10]$$

La desviación típica, la asimetría y la curtosis se emplean en la determinación de las curvas de frecuencia. Del último número prescindiremos totalmente porque no se usa en las aplicaciones industriales.

La determinación de estos números estadísticos implica casi siempre una cantidad considerable de operaciones aritméticas y vamos a dar los métodos que se emplean para simplificar, en lo posible, esa labor.

MÉTODOS DE CÁLCULO

1.9. Supongamos que tenemos los valores 5630-5690-5710-5720-5730-5690-5680-5660-5650-5670, de los que queremos hallar la media y la desviación típica.

La media es

$$\overline{X} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{56810}{10} = 5681$$

(1) «Variancia». Diversos autores españoles han empleado términos diferentes para la denominación de σ^2.

Creo que hay que adoptar «varianza» o «variancia». Mis preferencias van al segundo, aunque acato cualquier decisión. No creo que son acertados los términos «variación», «fluctuación», etcétera, que se han empleado. Es preferible palabra que no tenga acepción vulgar.

(2) «Rango». He adoptado provisionalmente este barbarismo, únicamente por necesidad. Es tan importante esta magnitud en la aplicación industrial, que no creía conveniente emplear «campo de variación», término demasiado largo y no acertado, a mi juicio. Es preciso abordar rápidamente el estudio de las designaciones que se han de adoptar; si no nos encontraremos ante hechos consumados que dificultarán extraordinariamente la unificación.

Para comprender el peligro, he de mencionar que en la traducción de la obra de Croxton y Cowden, editada en Méjico, se ha españolizado la palabra «standard» y la escriben «estándar». Es término usual entre ingenieros y la adopción parecía inminente, pero debiéramos haberla hecho en España.

Ahora formamos la

TABLA IV

X	x	x^2	X^2	
5630	−51	2601	31696900	
5650	−31	961	31922500	
5660	−21	441	32035600	
5670	−11	121	32148900	
5670	−11	121	32148900	
5680	− 1	1	32262400	
5690	+ 9	81	32376100	
5710	+29	841	32604100	
5720	+39	1521	32718400	
5730	+49	2401	32832900	
$\Sigma X = 56810$	$\Sigma x = 0$	$\Sigma x^2 = 9090$	$\Sigma X^2 = 322746700$	$\left(\frac{\Sigma X}{n}\right)^2 = 5681^2 = 32273761$

La desviación típica σ tiene por valor

$$\text{Fórmula [5a]} \quad \sigma = \sqrt{\frac{\Sigma x^2}{n}} = \sqrt{\frac{9090}{10}} = 30{,}15$$

$$\text{Fórmula [5b]} \quad \sigma = \sqrt{\frac{\Sigma X^2}{n} - \left(\frac{\Sigma X}{n}\right)^2} =$$

$$= \sqrt{\frac{322746700}{10} - 32273761} = \sqrt{909} = 30{,}15$$

1.10. Se puede restar una cantidad constante a todos los números. En el ejemplo anterior, restemos a todos el menor, 5630.

TABLA V

X'	X'^2
0	0
20	400
30	900
40	1600
40	1600
50	2500
60	3600
80	6400
90	8100
100	10000
$\Sigma X' = 510$	$\Sigma X'^2 = 35100$

El valor de la media $\overline{X}$ es

$$\overline{X} = 5630 + \frac{\Sigma X'}{10} = 5630 + 51 = 5681$$

La desviación típica σ, fórmula [5b]

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma X'^2}{n} - \left(\frac{\Sigma X'}{n}\right)^2} = \sqrt{\frac{35100}{10} - \left(\frac{510}{10}\right)^2} = \sqrt{909} = 30{,}15$$

Es evidente que en la fórmula de σ no influye el resto de una cantidad constante porque no se alteran las diferencias.

1.11. Se pueden dividir los números por una cantidad constante. Dividiendo los números de la tabla V por 10 tenemos la tabla **VI**.

El valor de la media es:

$$\overline{X} = 5630 + \frac{\Sigma X''}{10} \times 10 = 5630 + 51 = 5681$$

TABLA VI

X''	X''^2
0	0
2	4
3	9
4	16
4	16
5	25
6	36
8	64
9	81
10	100
$\Sigma X'' = 51$	$\Sigma X''^2 = 351$

La desviación típica σ

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma X''^2}{n} - \left(\frac{\Sigma X''}{n}\right)^2} \times 10 = \sqrt{\frac{351}{10} - \left(\frac{51}{10}\right)^2} \times 10 =$$

$$= \sqrt{9{,}09} \times 10 = 30{,}15$$

1.12. Una fácil simplificación se introduce utilizando una «media provisional», «media de trabajo» se le llama también (1). Ahora las desviaciones se toman con respecto a esa media provisional.

En el ejemplo anterior tomemos como media provisional 5680. Los valores de las desviaciones x son las diferencias con la media provisional.

Formamos la tabla VII.

TABLA VII

X	x	x^2
5630	− 50	2500
5650	− 30	900
5660	− 20	400
5670	− 10	100
5670	− 10	100
5680	- 120	
5690	+ 10	100
5710	+ 30	900
5720	+ 40	1600
5730	+ 50	2500
	130	9100

Tenemos

$$\Sigma x = 130 - 120 = 10 \qquad [1]$$

Media verdadera

$$\overline{X} = 5680 + \frac{\Sigma x}{n} = 5680 + \frac{10}{10} = 5681$$

(1) Este procedimiento es el llamado en Estadística «método de los momentos».

Para el cálculo de σ se emplea la fórmula

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma x^2}{n} - \left(\frac{\Sigma x}{n}\right)^2}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{9100}{10} - \left(\frac{10}{10}\right)^2} = \sqrt{910 - 1} = \sqrt{909} = 30{,}15$$

1.13. Vamos a exponer ahora los métodos de cálculo cuando se trata de tablas de distribución agrupada de frecuencias. Tomemos la tabla II y calculemos los valores de X y σ

El valor de $\overline{X}$ es (fórmula [2])

$$\overline{X} = \frac{\Sigma f_i X_i}{n = \Sigma f_i} \qquad [2]$$

$$\overline{X} = \frac{3 \times 175 + 6 \times 182 + 11 \times 189 + \dots + 7 \times 266 + 1 \times 273}{200}$$

$$\overline{X} = \frac{525 + 1092 + 2079 + 2548 + 3654 + 2940 + 5208 + 4928 + 4851 + 4760 + 3920 + 3276 + 2849 + 1862 + 273}{200}$$

$$\overline{X} = \frac{44765}{200} = 223{,}825$$

Si ahora quisiéramos calcular directamente, la desviación de la clase 1 sería:

$$175 - 223{,}825 = -48{,}825$$

un número de cinco cifras e igualmente todos los demás y como hay que elevarlos al cuadrado, la determinación de σ sería muy laboriosa. Es preferible tomar una media de trabajo, por ejemplo, 224. Formamos así la tabla VIII.

TABLA VIII

Clase	Valor medio X	Desviación x	Frecuencia f	fx	x^2	fx^2
1	175	− 49	3	− 147	2401	7203
2	182	− 42	6	− 252	1764	10584
3	189	− 35	11	− 385	1225	13475
4	196	− 28	13	− 364	784	10192
5	203	− 21	18	− 378	441	7938
6	210	− 14	14	− 196	196	2744
7	217	− 7	24	− 168	49	1176
				− 1890		
8	224	0	22	0	0	0
9	231	7	21	147	49	1029
10	238	14	20	280	196	3920
11	245	21	16	336	441	7056
12	252	28	13	364	784	10192
13	259	35	11	385	1225	13475
14	266	42	7	294	1764	12348
15	273	49	1	49	2401	2401
				$\Sigma fx = 1855$		$\Sigma fx^2 = 103733$

$$\overline{X} = 244 + \frac{1855 - 1890}{200} = 224 - \frac{35}{200} = 224 - 0{,}175 = 223{,}825$$

$$\sigma^2 = \frac{103733}{200} - \left(\frac{35}{200}\right)^2 = 518{,}665 - 0{,}175^2 = 518{,}6956$$

$$\sigma = \sqrt{518{,}6956} = 22{,}77$$

1.14. En general, se introduce una simplificación mayor tomando como media de trabajo el valor central de la clase inferior, y como unidad para las desviaciones la diferencia entre clases, lo que equivale a dividir todas las desviaciones por esa diferencia. Asignando el número de orden cero a la clase inferior, la desviación de cada clase coincide con el número de orden de la misma.

Apliquemos el procedimiento a la tabla II para calcular los valores de $\overline{X}$, σ y el coeficiente de asimetría k. Formamos la tabla IX.

TABLA IX

Clases	X	f	x'	fx	fx^2	fx^3
0	175	3	0	0	0	0
1	182	6	1	6	6	6
2	189	11	2	22	44	88
3	196	13	3	39	117	351
4	203	18	4	72	288	1152
5	210	14	5	70	350	1750
6	217	24	6	144	864	5184
7	224	22	7	154	1078	7546
8	231	21	8	168	1344	10752
9	238	20	9	180	1620	14580
10	245	16	10	160	1600	16000
11	252	13	11	143	1573	17303
12	259	11	12	132	1584	19008
13	266	7	13	91	1183	15379
14	273	1	14	14	196	2744
		$n = 200$		$\Sigma fx = 1395$	$\Sigma fx^2 = 11847$	$\Sigma fx = 111843$
Dividiendo por $n = 200$				$S_1 = 6{,}975$	$S_2 = 59{,}235$	$S_3 = 559{,}215$

Designando por M el valor de la media de trabajo y por h la diferencia entre clases, las fórmulas a emplear son

$$\overline{X} = M + h \frac{\Sigma fx}{n} = M + h S_1$$

$$\sigma = h \sqrt{\frac{\Sigma fx^2}{n} - \left(\frac{\Sigma fx}{n}\right)^2} = h \sqrt{S_2 - S_1^2}$$

$$k \,[\text{fórmula (9)}] \quad k = \frac{\Sigma (X_i - \overline{X})^3}{n \sigma^3} =$$

$$= \frac{\frac{\Sigma fx^3}{n} - 3 \frac{\Sigma fx}{n} \cdot \frac{\Sigma fx^2}{n} + 2 \left(\frac{\Sigma fx}{n}\right)^3}{\left[\frac{\Sigma fx^2}{n} - \left(\frac{\Sigma fx}{n}\right)^2\right]^{3/2}} = \frac{S_3 - 3 S_2 S_1 + 2 S_1^3}{(S_2 - S_1^2)\sqrt{S_2 - S_1^2}} \quad (1)$$

En este caso, $M = 175$ y $h = 7$; substituyendo

$$\overline{X} = 175 + 7 \times 6{,}975 = 175 + 48{,}825 = 223{,}825$$

$$\sigma = 7 \times \sqrt{59{,}235 - 48{,}651} = 7 \times \sqrt{10{,}584} = 7 \times 3{,}253 = 22{,}77$$

$$k = \frac{559{,}215 - 3 \times 59{,}235 \times 6{,}975 + 2 \times 6{,}975^3}{(59{,}235 - 48{,}651) \times \sqrt{59{,}235 - 48{,}651}} =$$

$$= \frac{559{,}215 - 1\,239{,}492 + 678{,}681}{10{,}584 \times 3{,}253} = \frac{-1{,}60}{24{,}43} = -0{,}0465$$

1.15. Se pueden calcular estos números partiendo de las frecuencias acumuladas.

(1) En el valor de k no interviene h, que se reduce en la fracción; k es un número abstracto.

Aplicando el procedimiento al ejemplo anterior se forma la

TABLA X

Clase	Valor medio X	Frecuencia f	Frecuencias acumuladas		
			Primera F_1	Segunda F_2	Tercera F_3
0	175	3	3	3	3
1	182	6	9	12	15
2	189	11	20	32	47
3	196	13	33	65	112
4	203	18	51	116	228
5	210	14	65	181	409
6	217	24	89	270	679
7	224	22	111	381	1060
8	231	21	132	513	1573
9	238	20	152	665	2238
10	245	16	168	833	3071
11	252	13	181	1014	4085
12	259	11	192	1206	5291
13	266	7	199	1405	6696
14	$273 = N$	1	200	1605	8301
		$n = 200$	$\Sigma F_1 = 1605$	$\Sigma F_2 = 8301$	$\Sigma F_3 = 33808$
Dividiendo por $n = 200$			$S_1 = 8{,}025$	$S_2 = 41{,}505$	$S_3 = 169{,}04$

Fórmulas a emplear

$$\overline{X} = N - b\,(S_1 - 1)$$

$$\sigma = b\sqrt{2S_2 - S_1 - S_1^2}$$

$$k = -\frac{6(S_3 - S_2) + S_1 - 3\,(2S_2 - S_1) \times S_1 + 2S_1^3}{(2S_2 - S_1 - S_1^2)\sqrt{2S_2 - S_1 - S_1^2}}$$

Substituyendo los valores respectivos

$$\overline{X} = 273 - 7 \times (8{,}025 - 1) = 273 - 7 \times 7{,}025 = 273 - 49{,}175 = 223{,}825$$

$$\sigma = 7 \times \sqrt{2 \times 41{,}505 - 8{,}025 - 8{,}025^2} = 7 \times \sqrt{83{,}010 - 8{,}025 - 64{,}401} = 7 \times \sqrt{10{,}584} = 7 \times 3{,}253 = 22{,}77$$

$$k = -\frac{6(169{,}04 - 41{,}505) + 8{,}025 - 3(2 \times 41{,}505 - 8{,}025) \times 8{,}025 + 2 \times 8{,}025^3}{(2 \times 41{,}505 - 8{,}025 - 8{,}025^2) \times \sqrt{2 \times 41{,}505 - 8{,}025 - 8{,}025^2}} =$$

$$= -\frac{6 \times 127{,}535 + 8{,}025 - 3 \times 74{,}985 \times 8{,}025 + 2 \times 8{,}025^3}{10{,}584 \times 3{,}253}$$

$$k = -\frac{773{,}23 - 1805{,}26 + 1033{,}63}{34{,}43} = -\frac{1{,}60}{34{,}43} = -0{,}0465$$

1.16. No creemos haya dificultad para comprender los métodos de cálculo expuestos en los números 1.9 a 1.15, empleándose en cada caso el más adecuado.

El cálculo de los números estadísticos partiendo de una tabla agrupada de frecuencias introduce un error en aquéllos, a consecuencia de haber substituído los valores individuales por los valores medios de clase. Existe una corrección —corrección de Sheppard—, que puede verse en cualquier tratado de Estadística, que no se aplica en las aplicaciones industriales de que tratamos.

No hemos calculado la «curtosis» fórmula [10] porque tampoco se emplea en los fines que aquí se exponen.

1.17. Hay, en cambio, en las aplicaciones industriales otra cuestión de gran trascendencia en la determinación de los números estadísticos correspondientes a un «universo», «población» ó «colectivo».

En general, al estudiar la calidad de una producción rara vez se miden o ensayan todas las unidades producidas, a veces por ser imposible cuando el ensayo es destructivo; otras veces, por ser excesivamente caro. Casi siempre nos valemos de muestras que tomamos periódicamente o cuando lo juzga oportuno un inspector, muestras constituídas por un cierto número de unidades y en las que calculamos la media y la desviación típica. Por ejemplo, hemos tomado m muestras, cada una de n unidades y hemos hallado los valores

$$\overline{X}_1 \overline{X}_2 \ldots \overline{X}_m \quad \sigma_1\, \sigma_2 \ldots \quad \sigma_m$$

Si m es un poco grande podemos formar una tabla agrupada de frecuencias con los valores de $\overline{X}$ y otra con los valores de σ. Se sabe que si el universo es normal, la distribución de $\overline{X}$ es normal con una desviación típica $\dfrac{\sigma}{\sqrt{n}}$ y la distribución de σ tiene una desviación típica $\dfrac{\sigma}{\sqrt{2n}}$. Es decir, que para conocer esas distribuciones necesitamos conocer la desviación típica σ del universo del que hemos tomado las muestras.

De los valores hallados en las muestras hacemos una estimación de la media y desviación típica del universo.

$$\overline{\overline{X}} = \frac{\overline{X}_1 + \overline{X}_2 + \ldots + \overline{X}_m}{m} \qquad \overline{\sigma} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \ \ldots \sigma_m}{m}$$

Es evidente que los valores $\overline{\overline{X}}$ y $\overline{\sigma}$ no coincidirán con los de $\overline{X}$ y σ y estarán afectados por azar, por lo que se llama «fluctuación de las muestras».

Los valores de $\overline{\overline{X}}$ y de $\overline{\sigma}$ se toman con mucha frecuencia como base en la aplicación más importante de los métodos estadísticos, en el control de la calidad por medio de gráficos, pero cuando el número n es reducido no se puede tomar $\overline{\sigma}$ sin aplicarle un factor de corrección porque se sabe que siempre el valor estimado $\overline{\sigma}$ es más pequeño que el verdadero σ. La causa más importante es que para el cálculo de $\sigma_1\ \sigma_2 \ldots\ \sigma_m$ se ha partido de las desviaciones individuales con respecto a la media de la muestra $\overline{X}_1\ \overline{X}_2 \ldots \overline{X}_m$ en lugar de hacerlo con respecto a la media del universo $\overline{X}$.

Por esa causa el valor de $\overline{\sigma}$ se multiplica por un factor de corrección tanto mayor cuanto menor es el número n de unidades que contiene cada muestra. En la tabla XI se dan los valores del factor c_2 por el que hay que multiplicar la desviación típica del colectivo para hallar la que se espera en una muestra de n unidades, es decir,

$$\overline{\sigma} = c_2\, \sigma'$$

llamando σ' a la desviación típica del universo y $\overline{\sigma}$ el valor medio en muestras de n unidades.

Recíprocamente, si tenemos un valor estimado $\overline{\sigma}$ de varias muestras que hemos tomado de n unidades cada una, debemos tomar como valor de σ'

$$\sigma' = \frac{\overline{\sigma}}{c_2}$$

TABLA XI

n	c_2	n	c_2	n	c_2	n	c_2
2	0,5642	11	0,9300	21	0,9638	55	0,9863
3	0,7236	12	0,9359	22	0,9655	60	0,9874
4	0,7979	13	0,9410	23	0,9670	65	0,9884
5	0,8407	14	0,9453	24	0,9684	70	0,9892
6	0,8686	15	0,9490	25	0,9697	75	0,9900
7	0,8882	16	0,9523	30	0,9748	80	0,9906
8	0,9027	17	0,9551	35	0,9784	85	0,9912
9	0,9139	18	0,9577	40	0,9811	90	0,9916
10	0,9228	19	0,9599	45	0,9832	95	0,9921
		20	0,9619	50	0,9849	100	0,9925

1.18. Los resúmenes estadísticos y la determinación de esos números representativos tienen utilidad inmediata. Si periódicamente, por semanas o por meses, se hacen resúmenes, la comparación de $\overline{X}$ y de σ de un período con los anteriores permite formarse idea inmediata de la marcha de la fabricación, es decir, si la fabricación en el período considerado es mejor o peor que en los anteriores. Además, el hábito de emplear esos números hace que se llegue a relacionarlos con conceptos reales de utilidad.

Cuando se resumen periódicamente las estadísticas conviene hallar los valores de $\overline{X}$ y de σ correspondientes al conjunto. Si, por ejemplo, se han obtenido en enero $\overline{X}_1$ y σ_1, en febrero $\overline{X}_2$ y σ_2, etcétera, se tiene en el año

$$\overline{\overline{X}} = \frac{n_1 \overline{X}_1 + n_2 \overline{X}_2 + \ldots + n_{12} \overline{X}_{12}}{n_1 + n_2 + \ldots n_{12}}$$

$$\overline{\sigma^2} = \frac{n_1 \sigma_1^2 + n_2 \sigma_2^2 + \ldots + n_{12} \sigma_{12}^2}{n_1 + n_2 + \ldots + n_{12}}$$

siendo n_1, n_2, etc., los números de unidades que abarcan las estadísticas mensuales, respectivamente.

Tiene importancia esta determinación de conjunto porque tiende a precisar los valores de $\overline{X}$ y σ que se han de utilizar como base de los métodos del «control» de la calidad.

1.20. Los números estadísticos nos dan la posibilidad de calcular la probabilidad de que un suministro satisfaga a una especificación, puesto que podemos conocer la probabilidad de que los ensayos hechos con unas unidades tomadas al azar den resultados mayores o menores que números dados.

Este cálculo es tanto más preciso cuanto mejor se conoce la curva de frecuencias correspondientes a la distribución del lote considerado.

Vamos a suponer, primeramente, que nada se sabe respecto a la forma de la curva de frecuencias. Siendo, como antes, σ la desviación típica del lote, x la desviación individual y N el número de unidades de la distribución, se tiene:

Haciendo $\dfrac{x}{\sigma} = z$ Si $z > 1$

$$f > \left(1 - \frac{1}{z^2}\right) N$$

es decir, que en la distribución considerada el número de valores comprendidos entre $\overline{X} - z\sigma$ y $\overline{X} + z\sigma$ es mayor que

$$\left(1 - \frac{1}{z^2}\right) N.$$

Este es el teorema de Tchebycheff, de demostración sencilla, que se encuentra en todos los libros de Estadística.

Se aplica a una serie de números en cualquier forma que se hayan obtenido.

La desigualdad de Tchebycheff nos da una solución límite, pero podemos encontrar otros límites más apropiados si conocemos la forma de la curva de distribución de frecuencias.

Sabiendo solamente que es una curva suave, unimodal, con el modo coincidiendo con la media se puede aplicar la desigualdad de Camp-Meidell, que dice que el número de valores comprendidos entre $\overline{X} - z\sigma$ y $\overline{X} + z\sigma$ es

$$N\left(1 - \frac{1}{2{,}25\, z^2}\right)$$

siendo N el número total de la distribución.

Si la curva de frecuencias se puede representar sin error sensible por la ecuación de Gauss

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\, e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}$$

entonces el número de valores comprendidos entre x_0 y x_1 está dado por la integral

$$\int_{x_0}^{x_1} f(x)\, dx = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{x_0}^{x_1} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}\, dx$$

$$\text{haciendo } \frac{x}{\sigma} = z \quad dx = \sigma dz$$

$$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{x_0}^{x_1} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}\, dx = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{z_0}^{z_1} e^{-\frac{z^2}{2}}\, dz$$

Para apreciar la diferencia entre los resultados aplicando las tres fórmulas, véase la tabla XI.

TABLA XI

Probabilidad de que un valor esté comprendido entre

$\overline{X} - z\sigma$ y $\overline{X} + z\sigma$

Fórmula	Valores de z							
	0,667	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
Gauss	0,4845	0,6827	0,8664	0,9545	0,9876	0,9973	0,9994	0,9999
Camp-Meidell	0	0,5556	0,8025	0,8889	0,9338	0,9520	0,9638	0,9723
Tchebycheff	0	0	0,5556	0,7500	0,8400	0,8889	0,9185	0,9375

Como se ve, para valores pequeños de z discrepan bastante. En la práctica es frecuente el empleo de la ecuación de Gauss porque en las aplicaciones industriales la distribución de frecuencias, con datos numerosos, haciendo las estadísticas con arreglo a las instrucciones que se dan, se aproxima casi siempre al reparto normal —así se llama el representado por la curva de Gauss.

Con arreglo a la distribución normal se emplean los valores de la

TABLA XII

(1) Probabilidad de que una observación resulte mayor que $\bar{X} + z\sigma$
Es la misma que la de ser inferior a.................. $\bar{X} - z\sigma$
(2) Probabilidad de que una observación esté comprendida entre $\bar{X} - z\sigma$ y $\bar{X} + \sigma z$
☞ Se verifica Probabilidad (2) = 1 − 2 × Probabilidad (1)

z	Prob. (1)	Prob. (2)	z	Prob. (1)	Prob. (2)
0,0	0,5000	0,0000			
0,1	0,4602	0,0797	2,1	0,0179	0,9643
0,2	0,4207	0,1585	2,2	0,0139	0,9722
0,3	0,3821	0,2358	2,3	0,0107	0,9786
0,4	0,3446	0,3108	2,4	0,0082	0,9836
0,5	0,3085	0,3829	2,5	0,0062	0,9876
0,6	0,2743	0,4515	2,6	0,0047	0,9907
0,7	0,2420	0,5161	2,7	0,0035	0,9931
0,8	0,2119	0,5763	2,8	0,0026	0,9949
0,9	0,1841	0,6319	2,9	0,0019	0,9963
1,0	0,1587	0,6827	3,0	0,0013	0,9973
1,1	0,1357	0,7827	3,1	0,0010	0,9981
1,2	0,1151	0,7699	3,2	0,00069	0,99862
1,3	0,0968	0,8064	3,3	0,00048	0,99903
1,4	0,0808	0,8385	3,4	0,00034	0,99933
1,5	0,0668	0,8664	3,5	0,00023	0,99953
1,6	0,0548	0,8904	3,6	0,00016	0,99968
1,7	0,0446	0,9109	3,7	0,00011	0,99978
1,8	0,0359	0,9281	3,8	0,00007	0,99986
1,9	0,0287	0,9426	3,9	0,00005	0,99990
2,0	0,0228	0,9545	4,0	0,00003	0,99994

Valores de z correspondientes a algunas probabilidades

z	Prob. (1)	Prob. (2)	z	Prob. (1)	Prob. (2)
0,6745	0,25	0,50	1,9600	0,025	0,95
1,2816	0,10	0,80	2,3263	0,010	0,98
1,6449	0,05	0,90	2,5758	0,005	0,99
			3,0902	0,001	0,998

De esta tabla se deduce que si la curva de distribución se puede representar por la ley de Gauss, se tiene

Número de valores	Comprendidos entre
68,3 %	$\bar{X} - \sigma \quad \bar{X} + \sigma$
95,4	$\bar{X} - 2\sigma$ y $\bar{X} + 2\sigma$
99,7	$\bar{X} - 3\sigma \quad \bar{X} + 3\sigma$

Utilizando la tabla XII podemos calcular el riesgo que corremos cuando un suministro tiene que satisfacer a una especificación.

En un trabajo del autor, editado hace algún tiempo (1), se puso el siguiente ejemplo. Un fabricante produce varilla de hierro cuya resistencia media a la rotura es 52 Kg/mm² y la desviación típica 2,35. El reparto es normal. El fabricante ha de hacer un suministro con arreglo a una especificación que establece que se rechazará el envío si un ensayo da una resistencia a la rotura inferior a 44 Kg/mm². ¿Qué riesgo corre?

Tenemos:

$$X = 52 \qquad z\sigma = 44 - 52 = -8$$

$$\sigma = 2{,}35 \qquad z = -\frac{8}{2{,}35} = -3{,}4$$

La probabilidad es, según la tabla 0,00034. Suponiendo, naturalmente, que el receptor haga un solo ensayo.

Si hace varios ensayos *n*, la probabilidad de que todos sean superiores a 44 es

$$(1 - 0{,}00034)^n = 0{,}99966^n$$

La probabilidad de que alguno sea inferior a 44 es

$$1 - 0{,}99966^n$$

Si el productor, por ejemplo, no quiere correr un riesgo superior a 1/500, se tiene que verificar

$$1/500 = 1 - 0{,}99966^n \qquad n = 5{,}8$$

El fabricante no puede admitir que el receptor haga más de cinco ensayos.

Este ejemplo puesto únicamente para que se comprenda la aplicación que se puede dar a las probabilidades en los problemas prácticos hace ver la importancia que tiene el conocimiento de la curva de distribución de frecuencias.

Afortunadamente las distribuciones de medidas o ensayos de unidades *producidas en las mismas condiciones* se ajusta prácticamente a la ley normal.

1.21. En la práctica del «control» de la calidad se supone que el reparto es normal, lo que equivale a decir que la distribución de frecuencias se hace con arreglo a la fórmula de Gauss y, por tanto, es aplicable la tabla, pero esto no se verifica siempre y conviene vigilar periódicamente los conjuntos estadísticos, estudiando la distribución de frecuencias. La formación de histogramas ayuda poderosamente.

Para aproximarse al reparto normal es requisito indispensable mantener la producción siempre en las mismas condiciones y éste es el punto de enlace del técnico de fabricación con el estadístico. Nunca se deben agrupar en una estadística ensayos o mediciones de unidades que se sabe de antemano se han producido en condiciones diferentes, encontrándose en los resultados diferencias que no se deben al azar, sino a causas que se conocían ya. Entonces, en una misma estadística se han superpuesto resultados que proceden de dos o más orígenes, que tienen media o desviación típica distintas, o ambas, y es imposible que el reparto sea normal. El valor de los números estadísticos disminuye considerablemente, aunque el técnico estadístico saca la consecuencia de que la fabricación está mal gobernada, es decir, que varían las condiciones de la fabricación de unas unidades a otras.

Para que los números estadísticos se empleen en todo su valor es condición precisa que el técnico de fabricación crea firmemente que no existe causa ninguna para que haya diferencia entre las diversas unidades producidas. De lo contrario, debe hacer tantos grupos diferentes como sea necesario para que se cumpla el requisito anterior.

(Esa condición es general en toda clase de estadísticas, pues siempre conviene que los datos recogidos sean homogéneos.)

Es punto de tanta importancia en las aplicaciones a la industria que insistiremos sobre el mismo.

La determinación de la curva de frecuencias es importante en todas las aplicaciones estadísticas. Por esa causa se ha intentado encontrar funciones que puedan representar todas las distribuciones que se presentan en la práctica. En la aplicación industrial alguna vez ya se aplica una función de la desviación típica y del coeficiente de asimetría (1).

Resumen.—Deben resumirse las estadísticas hallando la media

(1) *Las probabilidades y el control de la industria*, Madrid, 1944.

(1) Se ajustan distribuciones de frecuencia valiéndose de los dos primeros términos de la serie de Gram-Charlier

y la desviación típica. Es preciso consignar siempre el número de datos.

De los diversos resúmenes periódicos deben ir hallándose la media y desviación típica del conjunto.

Es absolutamente indispensable que los datos que se recogen en cada estadística sean homogéneos, es decir, que *a priori* creyéramos iban a ser iguales.

CAPÍTULO II

EL «CONTROL» DE LA CALIDAD

2.1. Toda industria, al fabricar un artículo, desea conseguir una calidad del mismo, la que puede estimarse por el conjunto de las propiedades que ha de tener para hacerle apto para las aplicaciones a que se le destina.

A veces fijamos valores numéricos a esas propiedades y tenemos una especificación del artículo. Otras veces, nos limitamos a hacer una prueba y la unidad ensayada la cumple o no: la unidad es buena o es mala. En el tecnicismo usual se dice que en el primer caso se hace la clasificación por variables, en el segundo por atributos.

En la clasificación por variables se hacen una o varias mediciones. Refiriéndonos a una de ellas, en n individualidades se obtienen los valores X_1 X_2 X_3 ... X_n. De estos números sacamos la media $\overline{X}$ como valor representativo de la propiedad medida y σ o R como apreciación de la variabilidad.

En la clasificación por atributos, empleamos un patrón *va o no va*, hacemos un examen cualitativo de si tiene o no una propiedad determinada como, por ejemplo, cuando se fabrican recipientes para contener líquidos, se examina si pierden o no; a veces, un ensayo cuantitativo, siendo la condición que el resultado sea mayor o menor que un número determinado. En todos los casos, la unidad ensayada es buena si pasa la prueba, es defectuosa en caso contrario. Si hemos ensayado n individualidades, se llama *fracción defectiva* p a la relación entre el número de unidades defectuosas y el número n de unidades probado. Es evidente que el número de piezas defectuosas es np.

Cualquiera que sea el método de clasificación, el fabricante desea que haya pocas unidades a rechazar. Producir unidades de desecho o que hay que repararlas para su envío al mercado es motivo de pérdidas.

Para producir todas las unidades útiles o por lo menos para que el desecho sea pequeño, trata de mantener constantes las condiciones de la producción, pero aun manteniéndolas no consigue evitar las diferencias entre las diversas unidades.

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\frac{-x^2}{\sigma^2}} \left[1 - \frac{k}{2}\left(\frac{x}{\sigma} - \frac{x^3}{3\sigma^3}\right)\right]$$

en la que $f(x)$ es la frecuencia relativa de la desviación x.

Se han construído tablas de la integral de esa función por las cuales se puede calcular la probabilidad de que $\frac{x}{\sigma}$ se encuentre entre dos valores determinados o de que sea mayor o menor que un valor fijado.

En la lotería, se ponen en un bombo tantas bolas numeradas como billetes y luego se van sacando una a una. El resultado lo admitimos todo como de *puro azar* y, sin embargo, desde que se echan las bolas al bombo hasta que salen el proceso ha estado regido por leyes mecánicas inflexibles (1).

Echamos un dado y lo tomamos como base para un juego de azar. Tenemos que decir lo mismo que en el caso anterior; que con conocimientos suficientes debíamos determinar la cara que se había de presentar.

En la industria admitimos que intervienen solamente las causas de azar cuando, a nuestro juicio, no hay motivo ninguno para que las diversas unidades producidas no sean iguales. Puede suceder que, sin habernos dado cuenta, se haya introducido momentáneamente una perturbación ocasionando resultados anormales. En este caso, el técnico de fabricación debe intervenir, eliminar la causa perturbadora y dejar la producción otra vez en forma que tan sólo el azar sea el que ocasiona las diferencias entre las diversas unidades. Como dice Shewhart en su célebre libro, se trata de mantener un *sistema constante de causas de azar*.

Se comprende fácilmente la dificultad de saber cuándo se mantiene este sistema constante de causas de azar. Supongamos que el técnico de fabricación cree que mantiene constantes las condiciones de la producción. Sin embargo, obtiene resultados que le parecen *anormales*, que le inducen a buscar una causa perturbadora en la producción. Lo primero que tenemos que precisar es qué resultados debemos considerar como anormales.

El problema grave a resolver es cuáles son las diferencias que podemos admitir se deben únicamente al azar y cuáles son las que deben inducirnos a buscar una *causa asignable*, como se la designa en estos métodos estadísticos.

Volvamos al ejemplo de la lotería. Si las bolas que ponemos en el bombo son rigurosamente iguales, no tenemos más remedio que admitir que únicamente el azar será el causante de los resultados.

Si las bolas fueran exactamente iguales de tamaño, pero hubiese ligeras diferencias en el peso, la ordenación de las bolas en el bombo no sería de puro azar y los resultados no obedecerían a las leyes del mismo. ¿Pero el azar tiene leyes?

Supongamos que hemos efectuado un sorteo creyendo que hemos tomado todas las precauciones para su absoluta regularidad y hemos obtenido unos resultados que nos hacen sospechar alguna anomalía. Lo único que podemos hacer es examinar todas las bolas, medirlas, pesarlas, examinar el mecanismo y cuantas particularidades han intervenido en el sorteo, etc.

El problema fundamental queda en pie. ¿Cuándo se debe suponer que el resultado no es de puro azar? Este problema no tiene solución.

Tampoco lo tiene en la práctica industrial, pero aunque el problema carezca de solución precisa no nos podemos inhibir, hemos de adoptar una norma de conducta y los métodos estadísticos tienden a encontrar la norma más económica, utilizando la probabilidad numérica.

De una distribución de frecuencias o de una curva de fre-

---

(1) Se supone que la salida se hace por medio mecánico. No altera fundamentalmente la intervención personal para sacar la bola.

cuencias, como se ha visto en el capítulo I, se puede hallar la probabilidad de un resultado determinado, o de que se encuentre entre dos números dados, o de que sea mayor o menor que un número dado. Pues bien, el método estadístico de «control» de la calidad consiste en fijar un valor para la probabilidad admisible y cuando se obtiene un resultado cuya probabilidad es menor que ese valor fijado, buscar una causa asignable.

La fijación del valor admisible para la probabilidad obedece a criterio económico. No debe ser tan pequeño que pueda dar lugar a mucho material a desechar ni tan grande que haya que interrumpir con demasiada frecuencia la fabricación buscando una causa asignable.

Es evidente que una tabla de distribución de frecuencias nos permite calcular las probabilidades de los resultados, pero podemos establecer métodos completamente generales partiendo de la curva de frecuencias de Gauss, que viene determinada por el valor de la desviación típica y tiene por valor modal la media de los valores observados.

En general, en las aplicaciones a la industria, los valores observados se reparten con arreglo a la ley normal. Alguna rara vez se tiene en cuenta el coeficiente de asimetría.

En todo lo que sigue se supone el reparto normal.

Con arreglo al criterio numérico de probabilidad se efectúa el control de la calidad en la industria valiéndose de *los gráficos de «control»*.

GRÁFICOS DE «CONTROL»

2.2. Estos gráficos son, hasta ahora, la aplicación más afortunada y extendida de los métodos estadísticos en la industria y por esa causa la vamos a tratar con alguna extensión y con profusión de ejemplos, aunque parezca reiteración.

El gráfico de «control» es en esencia un registro gráfico de las mediciones de una propiedad en riguroso orden cronológico. Los métodos estadísticos sitúan en ese gráfico una línea central, que es el valor que se espera de la propiedad medida y dos líneas límites entre las cuales suponemos deben hallarse todos los valores si se conservan constantes las condiciones de la producción.

Por consiguiente, el gráfico se hace trazando en un papel un eje de abscisas en el que se van anotando correlativamente las muestras que se toman, señalando en las ordenadas correspondientes los valores de la variable medida.

En general, las muestras no constan de una sola unidad, sino de varias, y el valor que se lleva a la ordenada es la media de las mediciones de las diversas unidades de que consta la muestra. Entonces se lleva otro gráfico que registre algún número representativo de la variabilidad dentro de la muestra. Suele ser la desviación típica o el rango, casi siempre este último. Figura 2.1.

En esta forma, se emplean los gráficos de «control». Se toman muestras periódicas de n unidades y a un gráfico se llevan las medias de las muestras y a otro el rango. El primero nos enseña la variación que hay de una muestra a otra y el segundo la variabilidad dentro de cada muestra. La experiencia muestra que es el modo más eficaz de emplearlos.

El problema estadístico se reduce al trazado de la línea central y de las líneas límites.

2.3. Puesto que hemos de calcular probabilidades partiendo de números estadísticos, necesitamos primeramente fijar los valores de éstos. Dos casos completamente diferentes se presentan:

a) Se conocen los valores de $\overline{X}'$ y σ'.

b) No se conocen esos valores.

Caso a) Se presenta cuando tenemos que producir con arreglo a una especificación dada, la que siempre nos fija el valor de $\overline{X}'$ y aunque no nos dé σ' las tolerancias nos permiten calcular un valor conveniente de ese número.

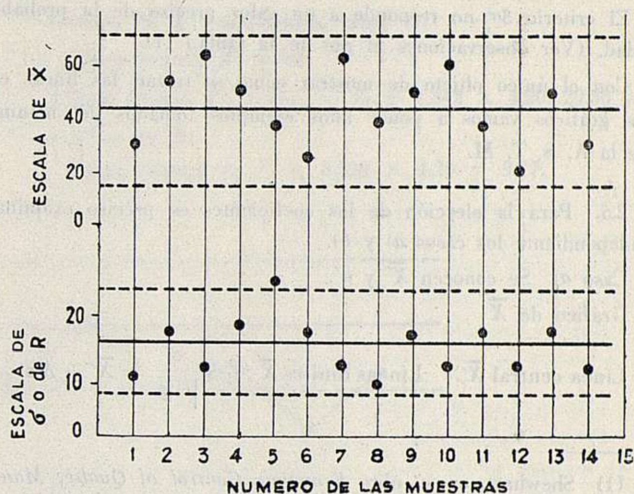


Fig. 2.1

Cuando, de autoridad, fijamos unos valores de $\overline{X}'$ y σ' por estimarlos convenientes.

Cuando un empleo prolongado de los métodos estadísticos nos hacen conocer con bastante precisión aquellos números.

Caso b) Se presenta cuando los números estadísticos que van a servir de base para el trazado de las líneas en los gráficos de «control» los tenemos que deducir de las mediciones realizadas en las muestras que vamos sacando.

En el caso *a)* se trata de comparar la producción con un nivel fijado de antemano. En el caso *b)* se trata de ver si la variación entre las muestras y dentro de las mismas está dentro de los límites atribuídos al azar.

Al cabo de algún tiempo de empleo, los dos casos tienden a confundirse.

DETERMINACIÓN DE LAS LÍNEAS CENTRAL Y LÍMITES

2.4. La línea central se traza siempre en el valor que se espera para la variable.

El criterio para el trazado de las líneas límites es puramente económico. Hay que equilibrar económicamente los dos riesgos. Buscar una causa asignable cuando no existe. No buscar una causa asignable cuando realmente existe.

Un criterio muy generalizado es trazar las líneas límites a una

distancia de la línea central igual a tres veces la desviación típica del número estadístico registrado en el gráfico, es decir,

Para	Línea central	Líneas límites
$\overline{X}$	El valor que se espera $\overline{X}$	$\overline{X} \pm 3\sigma_{\overline{X}}$
σ	» σ	$\sigma \pm 3\sigma_{\sigma}$
R	» R	$R \pm 3\sigma_{R}$
P	» p	$p \pm 3\sigma_{p}$

Con arreglo a este criterio están calculados los coeficientes de la tabla I, página 359, que es reproducción exacta de la publicada en el *Manuel on Presentation of Data* de la American Society for Testing Materials.

El criterio 3σ no responde a un valor preciso de la probabilidad. (Ver observaciones al pie de la tabla.) (1)

Con el único objeto de mostrar cómo se trazan las líneas en los gráficos vamos a poner unos ejemplos tomados del manual de la A. S. T. M.

2.5. Para la elección de los coeficientes es preciso examinar independiente los casos *a)* y *b)*.

Caso *a)* Se conocen $\overline{X}'$ y σ'.

Gráfico de $\overline{X}$

Línea central $\overline{X}'$. Líneas límites $\overline{X}' \pm 3\dfrac{\sigma'}{\sqrt{n}} = \overline{X}' \pm A\sigma'$

(1) Shewhart, en su obra *Economic Control of Quality Manufactured Product*, dice: «¿Cómo establecer límites admisibles en la variabilidad de las Muestras? Evidentemente, la base para el trazado de esos límites debe ser, en último término, empírica. En tales condiciones parece razonable elegir límites θ_1 y θ_2 de un número estadístico de modo que la probabilidad asociada P sea «económica» en el sentido que se va a exponer. Si se emplea más que un número estadístico, entonces los límites de todos los números estadísticos deben elegirse de modo que la probabilidad de creer que existe una perturbación cuando un valor de esos números cae fuera de sus propios límites sea económica.

Aunque no exista perturbación, la buscaremos $(1 - P)N$ veces, como media, después de inspeccionar N muestras de n unidades. De otra parte, cuanto más pequeña es la probabilidad P, con más frecuencia se ocultará la perturbación, si existe. Debemos intentar equilibrar las ventajas que se cumplen reduciendo el coste de la busca de una perturbación cuando no existe y las desventajas ocasionadas por pasar por alto perturbación que existen. Es concebible que debe haber algún valor económico P de un par de límites θ_1 y θ_2 para cada número estadístico. Quizá es innecesario observar que la determinación del valor económico P y de los límites asociados será, en todo caso, una aproximación. Además, parece necesario adoptar algún valor que sea aceptable prácticamente para todas las características, aunque el valor económico de P para un número estadístico puede no ser el mismo que para otro.

Elige los límites $\theta \pm t\sigma\theta$ y dice. «El teorema de Tchebycheff nos dice que la probabilidad P de que un valor observado de θ caiga dentro de sus límites en tanto que se mantiene la calidad «standard» satisface a la desigualdad $P > 1 - \dfrac{1}{t^2}$.

Tenemos que elegir t. La experiencia dice que $t = 3$ parece ser un valor económico aceptable.»

2.6. Las líneas límites en el gráfico de $\overline{X}$ están trazadas a una distancia $3\dfrac{\sigma'}{\sqrt{n}}$ porque, como se dijo en el número 1.17, si la desviación típica individual es σ' la desviación típica de la media de n unidades es $\dfrac{\sigma'}{\sqrt{n}}$.

En el gráfico de σ se toman:

Línea central $c_2\sigma'$ Líneas límites $c_2\sigma' \pm 3\dfrac{\sigma'}{\sqrt{2n}}$ $B_1\sigma'$ y $B_2\sigma'$.

La explicación del trazado de la línea central es sencilla. La línea central debe ser el valor que se espera normalmente para la variable. En el número 1.17 se expuso que el valor de la desviación típica de muestras de n unidades, la que se calcula con respecto a su media respectiva, debe ser menor que la desviación típica del universo y, por tanto, el valor esperado debe ser σ' multiplicado por el factor de corrección c_2.

Respecto a las líneas límites, si la desviación típica individual del universo es σ' la desviación típica de las desviaciones típicas de muestras de n unidades es $\dfrac{\sigma'}{2n}$.

Dentro del caso *a)* supongamos que se quiere llevar dos gráficos, de $\overline{X}$ y de R.

El gráfico de $\overline{X}$ tiene la misma línea central y líneas límites que en el caso anterior, es decir:

Línea central $\overline{X}'$ Líneas límites $\overline{X}' \pm 3\dfrac{\sigma_{\prime}}{\sqrt{n}} = \overline{X}' \pm A\sigma$.

La dispersión está medida en este caso por los valores del rango, y como la base para el estudio de la dispersión la constituye el valor de σ' que ya conocemos, es preciso establecer la relación que existe entre los valores del rango y de la dispersión típica. Los factores que expresan esa relación se encuentran en la columna d_n de la tabla I.

Empleando esos factores, queda para el gráfico del rango:

Línea central $d_n\sigma'$. Líneas límites $D_1\sigma'$ y $D_2\sigma'$.

Como se ha dicho ya, la relación entre el rango y la desviación típica supone que la distribución es normal.

De las dos formas expuestas de llevar el gráfico de la dispersión es mucho más frecuente esta última por requerir operaciones aritméticas mucho más sencillas. Es condición para usar el rango que la muestra no conste de más de 10 unidades; generalmente, suele ser de 4 ó 5 unidades.

En cambio, el gráfico de la dispersión típica no se debe emplear con muestras pequeñas, sino con muestras de 25 unidades o mayores.

2.7. Ejemplo a1.—Un fabricante desea mantener el nivel de su fabricación con arreglo a unos valores tipos de $\overline{X}' = 35$ y $\sigma' = 4{,}20$. Cada día ha hecho cincuenta ensayos y en diez días consecutivos ha obtenido los resultados que figuran en la

TABLA XIII

Muestra	n	$\overline{X}$	σ
Número 1. ...	50	35,7	5,35
» 2. ...	50	34,6	5,03
» 3. ...	50	32,6	3,43
» 4. ...	50	35,3	4,55
» 5. ...	50	33,4	4,10
» 6. ...	50	35,2	4,30
» 7. ...	50	33,3	5,18
» 8. ...	50	33,9	5,30
» 9. ...	50	32,3	3,09
» 10. ...	50	33,7	3,67

Gráfico de $\overline{X}$:

Línea central $\overline{X}' = 35$.

Líneas límites $X' \pm 3 \dfrac{\sigma'}{\sqrt{n}} = 35 \pm 1,78$,

33,22 y 36,78.

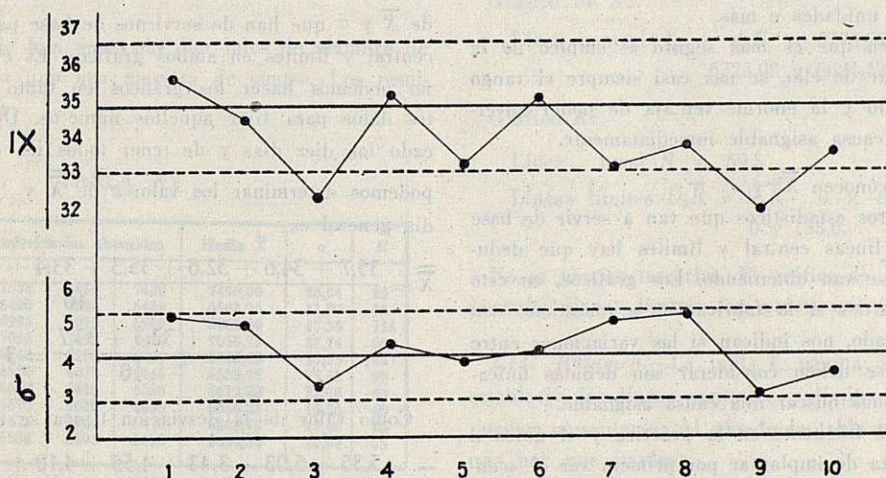


Fig. 2.2

Gráfico de σ:

Línea central $\sigma' = 4,20$.

Líneas límites $\sigma \pm 3 \dfrac{\sigma'}{\sqrt{2n}} = 4,20 \pm 1,26$,

2,94 y 5,46.

Los dos gráficos se representan en la figura 2.2, viéndose en el superior, el de $\overline{X}$, que los valores de los días tercero y noveno han caído fuera de los límites, debiendo indagarse las causas que han producido esos resultados porque según el criterio adoptado debe haber existido una *causa asignable*. El gráfico de la desviación típica σ está en control.

2.8. *Ejemplo a2.*—El mismo caso anterior en cuanto al nivel de fabricación, pero ahora se toman muestras pequeñas de 5 unidades y se llevan gráficos de la media y del rango. En diez muestras se han obtenido los resultados.

TABLA XIV

Muestra	n	X	R
Número 1. ...	5	32,5	8,7
» 2. ...	5	38,3	14,0
» 3. ...	5	36,2	17,1
» 4. ...	5	39,0	13,5
» 5. ...	5	32,5	8,4
» 6. ...	5	34,0	19,2
» 7. ...	5	37,8	16,4
» 8. ...	5	31,5	18,8
» 9. ...	5	36,0	12,7
» 10. ...	5	35,3	16,1

Gráfico de $\overline{X}$ (coeficientes, tabla 1):

Línea central $\overline{X}' = 35$.

Líneas límites $\overline{X}' \pm A\sigma' = 35 \pm 1,342 \times 4,20$, 29,36 y 40,64

Gráfico de R:

Línea central $d_n\,\sigma' = 2,326 \times 4,20 = 9,77$.

Líneas límites $D_1\sigma'$ y $D_2\sigma'$ 0 y $4,918 \times 4,20 = 20,66$

Trazando los gráficos (fig. 2.3) se ve que tanto la media como el rango se han conservado en control, es decir, la producción es *estable*. Se ha adoptado esta designación para la producción que está estadísticamente controlada.

En la tabla I, que da los factores a emplear en todos los casos, se encuentra *cero* como límite inferior para la desviación típica y el rango para muestras pequeñas y es que nunca se emplean límites negativos.

Como ya se ha dicho, casi siempre se emplea el rango para trazar el gráfico que va a representar la variabilidad dentro de la muestra, pero es conveniente observar que el gráfico del rango pierde valor a medida que aumenta n, el número de unidades de la muestra, por lo que nunca se toman muestras de más de 10 unidades, casi siempre de 4 ó 5. Por el contrario, la eficacia del empleo de la desviación típica es tanto mayor cuanto

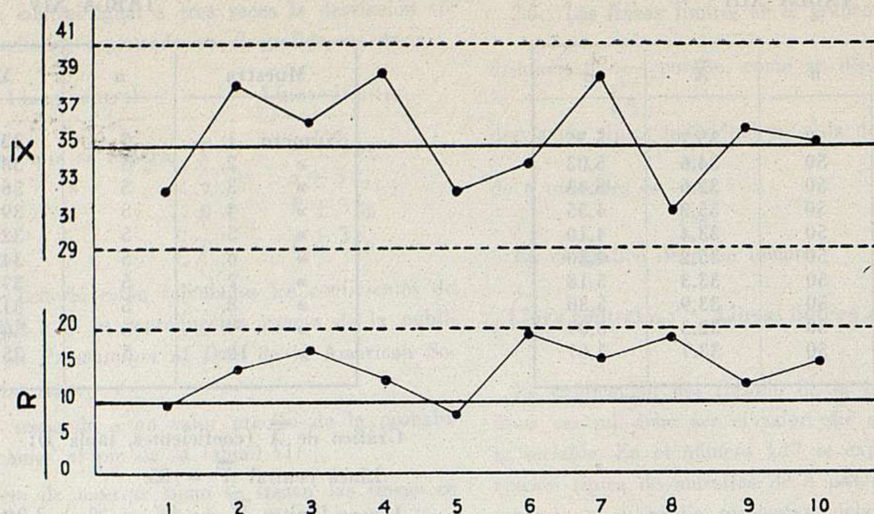


Fig. 2.3

mayor es el número de unidades de la muestra, y en general se usa con muestras de 30 unidades o más.

Es de observar también que es más seguro el empleo de la desviación típica. A pesar de ello, se usa casi siempre el rango por la rapidez del cálculo y la enorme ventaja de poder advertir la presencia de una causa asignable inmediatamente.

2.9. Caso *b*). No se conocen $\overline{X}'$ y σ.

En este caso los números estadísticos que van a servir de base para el trazado de las líneas central y límites hay que deducirlos de los datos que se van obteniendo. Los gráficos, en este caso, en lugar de indicarnos si la fabricación se mantiene con arreglo a un nivel prefijado, nos indican si las variaciones entre las diferentes muestras se deben considerar son debidas únicamente al azar o si debemos buscar una causa asignable.

Este caso *b*) es el más frecuente en la práctica y el único a considerar cuando se trata de implantar por primera vez el «control» de la calidad en una fábrica.

2.10. Ejemplo b1.—Supongamos que tenemos los datos de la tabla XIII y deseamos hacer gráficos de X y σ para controlar la fabricación.

Lo primero que hemos de hacer es determinar los valores de $\overline{X}$ y σ que han de servirnos de base para el trazado de líneas central y límites en ambos gráficos. Es evidente, por tanto, que no podemos hacer los gráficos en tanto no tengamos suficientes datos para fijar aquellos números. Después de haber fabricado los diez días y de tener todos los datos de la tabla XIII podemos determinar los valores de $\overline{\overline{X}}$ y σ. El valor de la media general es

$$\overline{\overline{X}} = \frac{35.7 + 34{,}6 + 32{,}6 + 35{,}3 + 33{,}4 + 35{,}2 + 33{,}3 + 33{,}9 +}{10} \frac{+\ 32{,}3 + 33{,}7}{10} = 34$$

Como valor de la desviación típica se toma

$$\overline{\sigma} = \frac{5{,}35 + 5{,}03 + 3{,}43 + 4{,}55 + 4{,}10 + 4{,}30 + 5{,}18 + 5{,}30 +}{10} \frac{+\ 3.09 + 3{,}67}{10} = 4{,}49$$

Ahora se pueden establecer los límites.

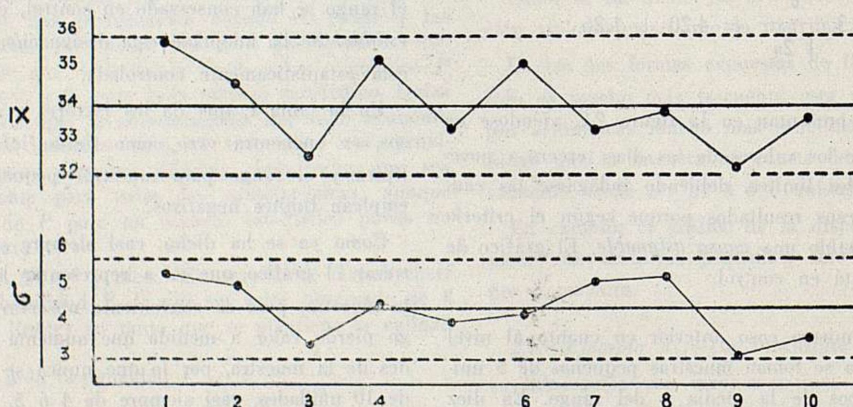


Fig. 2.4

Gráfico de $\overline{X}$:

Línea central $\overline{\overline{X}} = 34$.

Líneas límites $\overline{\overline{X}} + 3\frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 34 \pm 1{,}87$ 32,13 y 35,87

Gráfico de σ:

Línea central $\overline{\sigma} = 4{,}40$.

Líneas límites $\overline{\sigma} \pm 3\frac{\overline{\sigma}}{\sqrt{2n}} = 4{,}40 \pm 1{,}32$, 3,080 y 5,720

Los gráficos (fig. 2.4) demuestran que la producción está bien controlada. Si comparamos este resultado con el obtenido con los mismos datos en el ejemplo *a1*, vemos que en aquél los resultados en los días tercero y noveno no fueron satisfactorios, pues la media salió de los límites establecidos; en cambio, ahora toda la producción está en orden. La causa es evidente. En el primer caso se ha tomado como línea central 35; en el segundo, la media general, que es 34. Es preciso elevar el nivel para satisfacer al primer requerimiento.

2.11. Ejemplo b2.—Se han ensayado diez lotes de alambre de acero, tomando de cada uno una muestra de cuatro. Los resultados han sido los de la

TABLA XV

Muestra	Valores individuales obtenidos				Media $\overline{X}$	σ	R
Número 1. ...	7490	7535	7455	7480	7490,00	28,94	80
» 2. ...	6550	6495	6525	6465	6508,75	31,90	85
» 3. ...	6995	6995	6970	6880	6960,00	47,30	115
» 4. ...	7045	7060	7095	7035	7058,75	22,74	60
» 5. ...	6715	6740	6780	6720	6738,75	25,59	65
» 6. ...	6585	6630	6675	6645	6633,75	32,48	90
» 7. ...	6600	6590	6610	6650	6612,50	22,78	60
» 8. ...	6665	6670	6630	6660	6656,25	15,56	40
» 9. ...	6440	6425	6460	6470	6448,75	17,46	45
» 10. ...	6660	6630	6605	6625	6630,00	19,69	55

Con estos datos, solamente para exponer cómo se trazan las líneas central y límites, vamos a hacer gráficos de $\overline{X}$ y σ.

Gráfico de $\overline{X}$:

Línea central $\overline{X} = 6773{,}75$.

Líneas límites $\overline{X} \pm A_1\overline{\sigma} = 6773{,}75 \pm 1{,}88 \times 26{,}44$, 6724,04 y 6823,46.

Gráfico:

Línea central $\overline{\sigma} = 26{,}44$.

Líneas límites $B_3\overline{\sigma}$ y $B_4\overline{\sigma}$ 0 × 26,44 y 2,33 × 26,44 0 y 61,61

Los gráficos (fig. 2.5), muestran que la diferencia entre los lotes es mucho mayor que la variación dentro de los mismos. Hay que observar, sin embargo, que los datos son poco numerosos e insuficientes para tomarlos de base de un estudio estadístico. También hay que observar que la desviación típica no se emplea jamás con muestras de tan pocas unidades.

2.12. Ejemplo b3.—Con los datos de la tabla XIV calculemos las líneas para los gráficos $\overline{X}$ y R.

Gráfico de $\overline{X}$:

Línea central $X + A_2R = 6773{,}75 \pm 0{,}729 \times 69{,}5$, 6723,08 y 6824,42

Gráfico R:

Línea central $\overline{R} = 69{,}5$

Líneas límites $D_3\overline{R}$ y $D_4\overline{R}$ 0 × 69,5 y 2,282 × 69,5 0 y 158,6.

No es preciso trazarlos. El gráfico de $\overline{X}$ es el mismo de antes, pues las líneas límites son prácticamente las mismas.

2.13. Resumen.—La tabla 1, página 359, da los factores para establecer las líneas centrales y límites en todos los casos que pueden presentarse. Al pie de la tabla se consignan los factores que hay que emplear.

Como se ha dicho, a causa de la sencillez aritmética, se emplea en la práctica casi siempre el rango como representativo de la variabilidad dentro de cada muestra, siendo condición indispen-

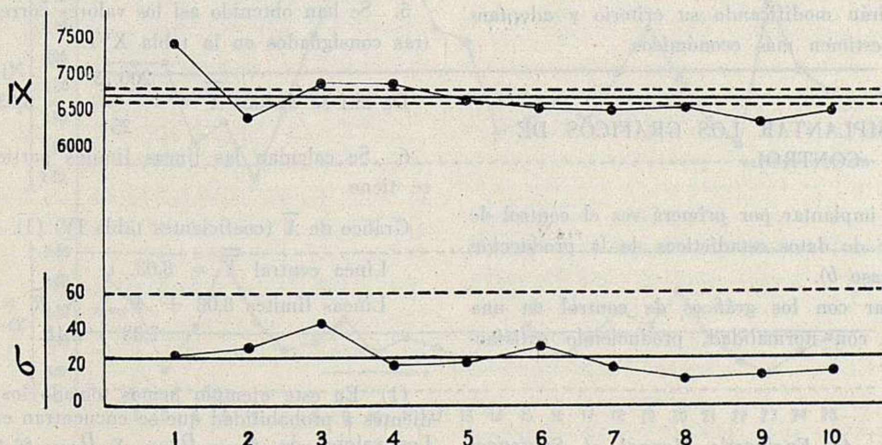


Fig. 2.5

sable que el número de unidades de cada muestra no pase de 10. En general, suele ser 4 ó 5.

La desviación típica se emplea con muestras de 30 unidades o más. Entonces desaparece el factor de corrección c_2 En algunos casos especiales en los que se emplee la desviación típica con muestras de menos de 25 unidades, es preciso utilizar ese factor para el trazado de las líneas en los gráficos.

Como se advierte al pie de la tabla I, los factores A llevan consigo asociada una probabilidad constante. Cualquiera que sea n, hay una probabilidad 0,00135 de que un valor observado de la media de n unidades sea mayor que el límite superior o menor que el inferior.

Los factores B y D no representan una probabilidad constante. Esta depende también de n. En muchos folletos y manuales se emplean factores B y D que responden a probabilidades fijas, independientes de n. Por esta causa incluímos tablas con arreglo a este criterio. (Tabla IV).

Con arreglo a criterio numérico de probabilidad, es corriente emplear para $\overline{X}$ los factores $A_{0,001}$ y $A_{0,999}$ para los límites superior e inferior, respectivamente. Equivalen a $\overline{\overline{X}} \pm 3.09\sigma$.

Para R, lo más corriente es emplear los factores $D_{0,005}$ y $D^{o}_{,995}$, que dan una probabilidad 0,05 de que el rango sea menor que el límite inferior o mayor que el superior.

Es decir, que se han adoptado unos límites más amplios en el gráfico de $\overline{X}$ que en el de R.

Ya SHEWHART —véase nota de la pág. 370— preveía que quizá no fuera el mismo valor económico para los diferentes números estadísticos.

LESLIE E. SIMON dice (1): «El autor ha encontrado que un límite más amplio para las medias $A_{0,001}$ es útil juntamente con otro ligeramente más estrecho para los rangos $D_{0,005}$ y $D_{0,995}$, es decir, que una falta de control en el gráfico de $\overline{X}$ hace buscar innecesariamente una perturbación con más frecuencia que una falta de control en el rango.»

Prácticamente la diferencia entre el criterio $A_3\sigma$ y $A_{0,001} - A_{0,999}$, es muy pequeña. Asimismo, la diferencia entre $D_3\sigma$ y $D_{0,005} - D_{0,995}$, cuando se trata de 4 ó 5 unidades, lo que sucede casi siempre, es también insignificante.

No son los únicos criterios que se han empleado, lo que prueba la gran flexibilidad del procedimiento. Los propios industriales con su experiencia irán modificando su criterio y adoptando los coeficientes que estimen más económicos.

REGLAS PARA IMPLANTAR LOS GRÁFICOS DE «CONTROL»

2.14. Cuando se va a implantar por primera vez el control de la calidad no se dispone de datos estadísticos de la producción y se trata siempre del caso *b*).

Es conveniente empezar con los gráficos de control en una producción que marcha con normalidad, produciendo satisfactoriamente.

El proceso se conoce bien técnicamente y se cree firmemente que las diferencias entre las unidades producidas se deben solamente al azar. Si se sabe de antemano que hay causas para que no sean iguales las diversas unidades, es preciso hacer desaparecer esas causas.

Vamos a suponer que se trata de una operación mecánica, por ejemplo, pasadores para una cadena Galle y se quiere controlar el diámetro de los pasadores.

Es de advertir que cuando se comienza a implantar el control se debe hacer sobre dimensión muy fácil de medir.

Procédase como sigue:

1. Tómese muestras periódicas, contando cada muestra de 4 ó 5 unidades, por ser los números más sencillos para el cálculo. La muestra de 2 no es suficiente.

2. El intervalo de tiempo entre las muestras debe ser tal que cada muestra represente del 5 al 10 % de la producción entre dos muestras. Por ejemplo, si la muestra es de 5 unidades, la producción entre dos muestras debe ser de 50 a 100.

3. Al tomar una muestra anótese en una hoja los valores de las unidades medidas, como se ve en el cuadro a continuación. Se consignan asimismo los datos que se consideran interesantes.

Obra n.º 321				Máquina n.º 7			Operario N. N.			
Pieza-Pasador				Muestras, cada hora			Inspector Y. Y.			
Dimensión, 8 mm.						Tolerancia ± 0,3 mm.				
Unidades n	Número de la muestra									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	8,15	8,07	8,04	7,90	8,25	7,73	7,90	8,05	8,23	8,28
2	8,27	7,92	8,10	7,85	8,13	7,87	8,05	8,10	8,24	8,11
3	7,98	7,99	7,98	7,75	7,75	8,02	7,93	7,98	7,98	8,29
4	7,84	8,26	8,06	8,02	7,80	7,90	7,83	8,21	8,25	8,28
5	8,01	8,02	8,08	8,01	7,83	7,76	8,13	8,13	8,28	8.26
Total	40,25	40,26	40,26	39,53	39,76	39,28	39,84	40,46	40,98	41,22
$\overline{X}$	8,05	8,05	8,05	7,91	7,95	7,86	7,97	8,09	8,20	8,24
R	0,43	0,34	0,12	0,27	0,50	0,29	0,20	0,22	0,31	0,18

4. Súmense los 5 valores de cada muestra y hállese la media $\overline{X}$. Réstese el valor menor del mayor en cada muestra, lo que da el rango.

5. Se han obtenido así los valores correspondientes a 25 muestras consignados en la tabla XVI.

De ahí se deduce $\overline{\overline{X}} = \dfrac{200,73}{25} = 8,03 \quad \overline{R} = \dfrac{6,25}{25} = 0,25$

6. Se calculan las líneas límites partiendo de esos valores y se tiene

Gráfico de $\overline{X}$ (coeficientes tabla IV) (1).

Línea central $\overline{\overline{X}} = 8,03$.

Líneas límites $8,03 + A'_{0,001} \times \overline{R} = 8,03 \pm 0,594 \times 0,25$, 7,88 y 8,18.

(1) LESLIE E. SIMON, *An Engineer's Manual of Statistical Methods*, New York, 1941. Una de las obras más importantes de esta literatura.

(1) En este ejemplo hemos tomado los coeficientes correspondientes a probabilidad que se encuentran en la tabla IV, pág. 363. Los valores de $A_{0,001}$, $D_{0,005}$ y $D_{0,995}$ se encuentran en línea horizontal correspondiente al 5, que es el número de unidades de cada muestra.

TABLA XVI

Muestra	$\overline{X}$ mm	R mm
1	8,05	0,43
2	8,05	0,34
3	8,05	0,12
4	7,91	0,27
5	7,95	0,50
6	7,86	0,29
7	7,97	0,20
8	8,09	0,22
9	8,20	0,31
10	8,24	0,18
11	8,22	0,24
12	8,10	0,20
13	8,08	0,17
14	7,93	0,23
15	7,95	0,27
16	7,98	0,17
17	7,95	0,23
18	8,03	0,32
19	8,10	0,27
20	7,99	0,38
21	7,95	0,24
22	7,91	0,15
23	8,14	0,12
24	8,03	0,18
25	8,00	0,23
	200,73	6,25

Gráfico de R:

Línea central $\overline{R} = 0,25$.

Líneas límites $D'_{0,005} \times \overline{R}$ y $D'_{0,995} \times \overline{R}$

$0,254 \times 0,25$ y $2,09 \times 0,25$ 0,06 y 0,52

Ahora se trazan los gráficos (fig. 2.6).

7. El examen de esos gráficos enseña que el rango se ha mantenido siempre en control, pero que las muestras 6, 9, 10 y 11 han dado valores de $\overline{X}$ fuera de los límites.

Ahora el servicio técnico debe investigar las causas que han dado lugar a esos resultados que consideramos anómalos. En el caso expuesto no se encontró causa asignable para la muestra 6, pero para las muestras 9, 10 y 11 se comprobó que se había trabajado con unas varillas cuya dureza Brinell era bastante superior a la usual.

Encontrada esa causa asignable y no estando fabricadas esas muestras en las mismas condiciones que las demás, nos han introducido un error en la determinación de $\overline{\overline{X}}$ y $\overline{R}$ utilizados en los gráficos.

Prescindiendo de esas muestras 9, 10 y 11 y calculando nuevamente los valores de $\overline{\overline{X}}$ y $\overline{R}$, se encuentran $\overline{\overline{X}} = 8,00$ y $\overline{R} = 0,251$.

Las líneas del gráfico son ahora.

Gráfico de $\overline{X}$:

Línea central $\overline{\overline{X}} = 8$.

Líneas límites $8 \pm 0,594 \times 0,251$ 7,85 y 8,15.

Gráfico de R:

Línea central $\overline{R} = 0,251$.

Líneas límites, $0,25 \times 0,251$ y $2,09 \times 0,251$, 0,06 y 0,52.

El nuevo gráfico de $\overline{X}$ (fig. 2.7), muestra que todos los puntos están en control, incluso la muestra 6, que en el gráfico anterior estaba fuera de los límites. Como el valor de $\overline{R}$ no ha cambiado sensiblemente, el gráfico de R es el mismo de antes, que estaba en control.

Ahora se sigue la producción ateniéndose a estas nuevas líneas central y límites.

Las primeras 25 muestras son necesarias para hallar los valores de $\overline{\overline{X}}$ y $\overline{R}$ que han de servir para el trazado de las líneas en el gráfico, pero es condición que esas muestras estén *en control*. Si hay muestras que dan resultados fuera de los límites, se pueden presentar dos casos: que se encuentre causa asignable, para esos casos, y entonces se prescinde de esas muestras para determinar los valores de $\overline{\overline{X}}$ y $\overline{R}$; que no se encuentre

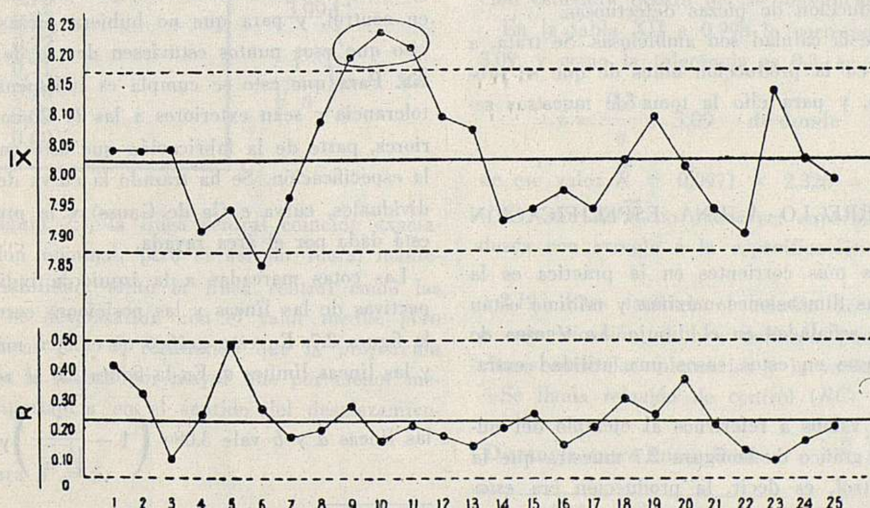


Fig. 2.6

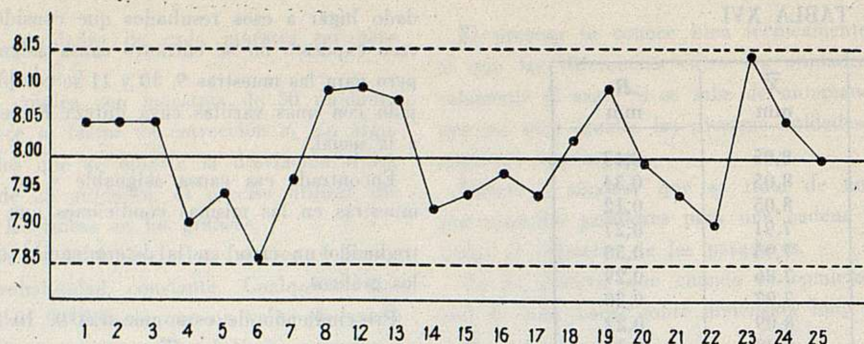


Fig. 2.7

causa asignable y en este caso hay que considerar que no tienen validez los datos para fijar los límites de los gráficos y es preciso tomar nuevas muestras prescindiendo de las anteriores.

2.15. A veces, para adelantar, se empieza a calcular las líneas central y límites con 10 muestras, límite mínimo, pero esas líneas son provisionales y es preciso rectificarlas cuando se han tomado 25 muestras.

Cuando todos los resultados están en control, periódicamente, cada 100 muestras se hallan los valores de $\overline{\overline{X}}$ y $\overline{R}$ del conjunto para ir precisando cada vez mejor los valores base.

Para tomar las muestras se pueden seguir dos normas diferentes: *a*), tomar las 5 unidades de cada muestra eligiéndolas al azar de toda la producción entre dos muestras consecutivas; *b*), tomar las cinco últimas unidades producidas en el momento de tomar la muestra.

El procedimiento *a*) es el que mejor nos informa acerca de la calidad de la producción total.

El procedimiento *b*) es el mejor si se trata de controlar el proceso de fabricación. Como casi siempre el gráfico de control se emplea con este fin, es el procedimiento *b*) el que se usa. Es evidente que para encontrar una causa asignable la información mejor es la inmediata. El procedimiento *b*) evita con más eficacia que el *a*) la producción de piezas defectuosas.

Las miras del control de la calidad son ambiciosas. Se trata, a ser posible, de intervenir en la producción antes de que se produzcan piezas defectuosas, y para ello la toma de muestras según *b*) es indispensable.

FABRICACIÓN CON ARREGLO A UNA ESPECIFICACIÓN

2.16. Uno de los casos más corrientes en la práctica es la fabricación de piezas cuyas dimensiones máxima y mínima están fijadas por las tolerancias señaladas en el dibujo. La técnica de los gráficos de control tiene en estos casos una utilidad extraordinaria.

Para precisar las ideas, vamos a referirnos al ejemplo del número *2.14*. En ese caso el gráfico de la figura 2.7 muestra que la producción estaba en control, es decir, la producción era *estable*. Ahora es preciso examinar si se ajusta a la especificación, o mejor aún, si el procedimiento era el adecuado para producir con arreglo a la especificación. Suponemos que la tolerancia es ± 0,3 mm. (1).

No hay que olvidar en ningún momento que con los límites $A_{0{,}001} - A_{0{,}999}$ debemos tener el 2 $^{o}/_{oo}$ de piezas defectuosas, y que esa proporción de defectuosas la consideramos como satisfactoria. En general cuando la proporción no pasa de esa cantidad se dice que no hay piezas defectuosas.

Por tanto, estaremos produciendo con arreglo a la especificación si el número de piezas defectuosas no pasa del 0,2 %.

Vamos a examinar el gráfico de la figura 2.7 y calcular el número de piezas defectuosas que debemos esperar. Para ello es preciso determinar la curva característica de la producción (se supone siempre que la curva es normal). Para determinar esa curva es preciso conocer σ. Como el gráfico lo hemos hecho utilizando R. como medida de la dispersión, la relación entre R y σ nos permite calcular σ.

2.17. La figura 2.8 ayuda a aclarar los conceptos. La línea central y las límites *a* son las del gráfico figura 2.7 en el que n, número de unidades de cada muestra, es igual a 5.

Las líneas *b* serían las líneas límites que corresponderían a las individuales, es decir, a muestras en que n fuera igual a 1. Todos los puntos que cayeran dentro de las líneas *b* estarían en control, y para que no hubiera piezas defectuosas sería preciso que esos puntos estuviesen dentro de los límites de tolerancia. Para que esto se cumpla es indispensable que las líneas de tolerancia *c* sean exteriores a las *b*. Como en este caso son interiores, parte de la fabricación que está en control no satisface a la especificación. Se ha trazado la curva de distribución de las individuales, curva *e* (la de Gauss) y la proporción de defectuosas está dada por el área rayada.

Las cotas marcadas a la izquierda indican las distancias respectivas de las líneas y las posiciones corresponden al gráfico de la figura 2.7. En este gráfico no existen más líneas que la central y las líneas límites *a*. En la figura 2.8 se ve que la distancia entre las líneas *a* y *b* vale $3{,}09\sigma\left(1-\frac{1}{\sqrt{n}}\right)$ y como las líneas *b* de-

(1) Es excesiva, pero se pone deliberadamente para que se vea que el control es independiente de la precisión.

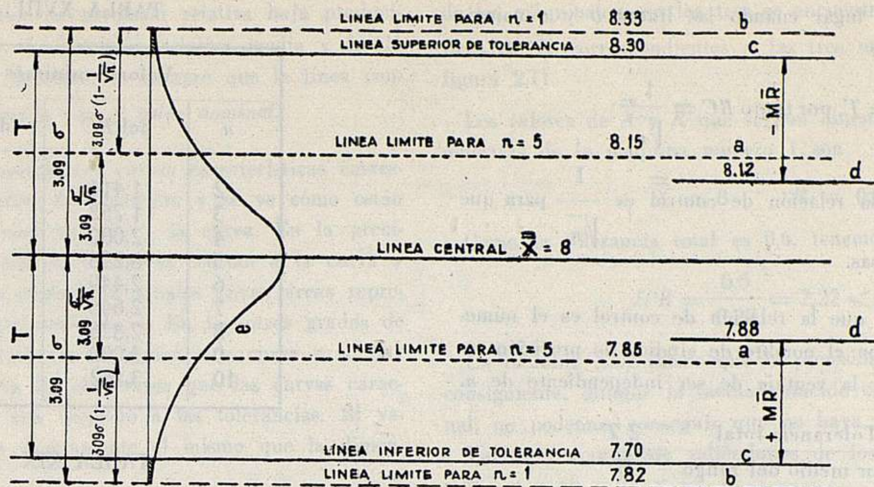


Fig. 2.8

bían ser interiores a las *c*, si a partir de éstas tomamos la distancia $3{,}09\sigma\left(1-\frac{1}{\sqrt{n}}\right)$, las nuevas líneas *d* debían ser exteriores a las *a*.

2.18. Por tanto, en cualquier gráfico de control, si trazamos las líneas de tolerancia y a partir de ellas tomamos hacia dentro las distancias $M\overline{R}$ (véase tabla XVII), las líneas *d* que se obtienen deben ser exteriores a las *a*.

TABLA XVII

n	Valores de $M = 3{,}09\left(1-\frac{1}{\sqrt{n}}\right)\frac{1}{d_2}$	$\sigma = R \times \frac{1}{d_2}$
2	0,80	
3	0,77	
4	0,75	
5	0,73	$3{,}09\left(1-\frac{1}{\sqrt{n}}\right)\sigma = M\overline{R}$
6	0,72	
7	0,71	
8	0,70	
9	0,69	
10	0,69	

En el caso de la figura 2.7, la línea central coincide exactamente con la dimensión nominal, pero si así no fuera, manteniéndose igual la variabilidad, tanto la línea central como las líneas límites *a* y *b* se desplazarían con el valor medio, pero quedarían fijas las líneas *c* y *d*, resultando que la proporción de defectuosas no sería la misma por mayor que por menor medida. Tendría más importancia en el sentido del desplazamiento de la línea central.

Según la tabla I, para $n = 5$.

$$\sigma = \overline{R} \times \frac{1}{d_2} = 0{,}251 \times \frac{1}{2{,}326} = 0{,}108.$$

Para que una pieza no sea defectuosa, como la tolerancia es 0,3, se requiere que la desviación individual no sea mayor que 0,3, y refiriéndonos al número *1,20*, tenemos:

$$z = \frac{\text{la tolerancia}}{0{,}108} = \frac{0{,}3}{0{,}108} = 2{,}8.$$

En la tabla XII, para $z = 2{,}8$ se encuentra que la probabilidad de que un valor esté entre $\overline{X} - z\sigma$ y $\overline{X} + z\sigma$ es 0,9949, es decir, que debemos esperar que la fracción defectuosa sea el 0,51 %. Como hemos partido de que no debía ser superior al 0,2 %, es evidente que el proceso de fabricación que empleamos no es apto para producir con arreglo a la especificación.

Como el proceso de fabricación ha centrado perfectamente la dimensión nominal por coincidir exactamente con ésta la media general, se deduce que el rango, que mide la variabilidad de la producción, es demasiado grande.

Para que la proporción de piezas defectuosas no pasara del 0,2 % sería preciso que por lo menos el 99,8 % de la producción estuviera dentro de las tolerancias.

En la tabla XII a 0,998 le corresponde un valor de z igual a 3,09, y como la tolerancia es 0,3, se debía verificar.

$$z = \frac{0{,}3}{\sigma} = 3{,}09 \quad \text{de donde} \quad \sigma = \frac{0{,}3}{3{,}09} = 0{,}0971$$

de ese valor $\overline{R} = 0{,}0971 \times 2{,}326 = 0{,}226$.

El valor de $\overline{R}$ no puede ser superior a 0,226 para que se produzca con arreglo a la especificación.

2.19. Para facilitar el estudio de la producción con arreglo a especificación se han definido números que establecen relaciones entre las tolerancias y la variabilidad.

Se llama relación de control (*RC*), a la fracción

$$\frac{\text{Distancia entre líneas límites}}{\text{Tolerancia total}} = \frac{2 \times 3{,}09 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}}{2\,T} = \frac{3{,}09\,\sigma}{T\sqrt{n}}$$

En la figura 2.8 se ve que el caso límite para que no haya

piezas defectuosas tiene lugar cuando las líneas *b* y *c* coinciden. Entonces se verifica

$$3{,}09\,\sigma = T, \text{ por tanto } RC = \frac{1}{\sqrt{n}}$$

El valor máximo de la relación de control es $\frac{1}{\sqrt{n}}$ para que no haya piezas defectuosas.

2.20. Más interesante que la relación de control es el número que se ha definido con el nombre de «índice de precisión relativa» (*IPR*) (1). Tiene la ventaja de ser independiente de *n*.

$$IPR = \frac{\text{Tolerancia total}}{\text{Valor medio del rango}} = \frac{2\,T}{\overline{R}}$$

Examinando ambos valores se ve que en éste la tolerancia figura en el numerador y en el otro en el denominador. El *IPR* aumenta cuando aumenta la precisión del trabajo, es decir, cuando disminuye la variabilidad. En cambio, la *relación de control* disminuye.

Por esta causa creemos que la relación de control se debe definir

$$RC = \frac{\text{Tolerancia total}}{\text{Distancia entre límites}}$$

Ahora, en el caso límite $T = 3{,}09\sigma$, el valor $RC = \sqrt{n}$, que es el mínimo para que no haya piezas defectuosas.

La tabla XVIII da los valores mínimos del *RC* y del *IPR* para que las líneas límites de la distribución individual coincidan con los límites de tolerancia, es decir, para que no haya piezas defectuosas.

2.21. Dudding y Jennett han hecho una clasificación de los procesos de fabricación con arreglo al *IPR* según la tabla XIX.

(1) El índice de precisión relativa ha sido definido por B. P. Dudding y W. J. Jennett en su obra *Quality Control Chart Technique when manufacturing to a Specification.*

TABLA XVIII

Valores mínimos		
n	del *RC*	del *IPR*
2	1,414	5,48
3	1,752	3,65
4	2,000	3,00
5	2,236	2,66
6	2,449	2,44
7	2,646	2,29
8	2,828	2, 7
9	3,000	2,08
10	3,162	2,01

TABLA XIX

Índice de precisión relativa			
n	Baja	Media	Alta
2	menor que 6	De 6 a 7	mayor que 7
3	» » 4	» 4 a 5	» » 5
4	» » 3	» 3 a 4	» » 4
5 y 6	» » 2,5	» 2,5 a 3,5	» » 3,5

Determinando el índice de precisión relativa y la relación de control en el ejemplo expuesto se tiene

$$2T = 0{,}6 \qquad \overline{R} = 0{,}251 \qquad n = 5$$

$$IPR = \frac{0{,}6}{0{,}251} = 2{,}394 < 2{,}66. \qquad RC = 2{,}01 < 2{,}236$$

Ambos son menores que los mínimos señalados en la tabla XVIII. Llegamos a la conclusión anterior: que el proceso o la máquina no son aptos para producir con arreglo a las tolerancias señaladas.

Es importante señalar que estos números no se deben emplear si el *gráfico del rango no está en control.*

Aunque los límites de la precisión relativa baja de la tabla XIX no coinciden con los mínimos de la tabla XVIII es útil esa clasificación, y puede afirmarse con gran aproximación, que

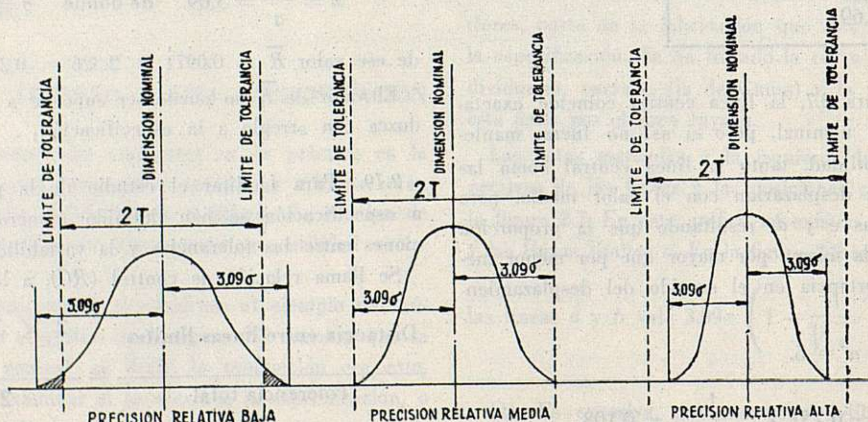


Fig. 2.9

una máquina con un índice de precisión relativa baja producirá piezas defectuosas. La de precisión relativa media y la de alta no producirán piezas defectuosas, siempre que la línea central del gráfico de $\overline{X}$ *coincida con el valor nominal.*

2.22. La figura 2.9 muestra tres curvas carecterísticas correspondientes a los tres grados de precisión, y se ve cómo están las líneas de tolerancia con respecto a la curva. En la precisión relativa baja las líneas de tolerancia cortan a la curva y separan a un lado y otro superficies iguales cuyas áreas representan el número de piezas defectuosas. En los otros grados de precisión las líneas de tolerancia no cortan a la curva y no hay piezas defectuosas. Pero ha de observarse que las curvas características están centradas con respecto a las tolerancias. El valor modal de la curva es exactamente el mismo que la dimensión nominal del dibujo.

Pero si la media general difiere de la dimensión nominal, puede haber piezas defectuosas aun en los casos de precisión relativa media y alta, como se comprende viendo la figura 2.10, en la que las líneas de tolerancia cortan a la curva característica, midiendo la superficie rayada el número de piezas que tienen medida mayor que la especificada.

En los casos de *IPR* medio y alto para saber si producimos con arreglo a la especificación, podemos emplear el procedimiento del número 2.18, que consiste en calcular el valor de σ en función de $\overline{R}$ y ver entonces si las líneas $\overline{X} \pm 3{,}09\sigma$ están ambas interiormente a las líneas de tolerancia. En el caso de que alguna de ellas o ambas fueran exteriores, el tanto por ciento de piezas defectuosas se calcula hallando el valor de z, que es el cociente de la diferencia entre la línea límite de tolerancia y la central del gráfico por la desviación típica σ. Con ese valor de z se halla en la tabla XII la proporción de defectuosas.

2.23. Para establecer en forma definitiva y clara esos conceptos y la forma de usarlos vamos a poner un ejemplo.

Para producir los pasadores de 8 mm. de diámetro, con tolerancia 0,3, disponemos de tres máquinas y queremos saber si podemos producir con arreglo a la especificación.

Para ganar tiempo hemos sacado 12 muestras de 4 unidades en cada una de las máquinas, que representan del 5 al 10 % de la producción realizada.

Se ha trazado el gráfico de control del rango para cada una de las máquinas y en las tres se encuentra en control. Los gráficos de $\overline{X}$ correspondientes a las tres máquinas son los de la figura 2.11.

Los valores de $\overline{\overline{X}}$ y $\overline{R}$ que se han obtenido en las 12 primeras muestras de la máquina número 1 son

$$\overline{\overline{X}} = 8 \qquad \overline{R} = 0{,}27$$

Como la tolerancia total es 0,6, tenemos

$$IPR = \frac{0{,}6}{0{,}27} = 2{,}22 < 3$$

En la tabla XIX vemos que la precisión relativa es baja; por consiguiente, aunque la media coincide con la dimensión nominal, no podemos conseguir que no haya piezas defectuosas.

Vamos a comprobar valiéndonos de los coeficientes *M*.

En el gráfico de X las líneas son:

Línea central $\overline{\overline{X}} = 8$.

Líneas límites (tabla IV) $8 \pm 0{,}75 \times 0{,}27$, 7,8 y 8,2

líneas *a* (tabla XVII, pág. 377).

$$8{,}3 - M\overline{R} = 8{,}3 - 0{,}75 \times 0{,}27 = 8{,}3 - 0{,}2 = 8{,}1$$

$$7{,}7 + M\overline{R} = 7{,}7 + 0{,}75 \times 0{,}27 = 7{,}7 + 0{,}2 = 7{,}9$$

Como estas líneas son interiores a las límites hay piezas defectuosas en mayor y menor dimensión, por igual.

Máquina número 2.

$$\overline{\overline{X}} = 8{,}1 \qquad \overline{R} = 0{,}16$$

$$IPR = \frac{0{,}6}{0{,}16} = 3{,}75$$

El índice es satisfactorio y la máquina es apta para producir con arreglo a la especificación, pero como la media general no coincide con la dimensión nominal es preciso comprobarlo.

Gráfico de $\overline{X}$:

Línea central $\overline{\overline{X}} = 8{,}1$

Líneas límites $8{,}1 \pm 0{,}75 \times 0{,}16$ 7,98 y 8,22.

Líneas *d*.

$$8{,}3 - 0{,}75 \times 0{,}16 = 8{,}18$$
$$7{,}7 + 0{,}75 \times 0{,}16 = 7{,}82$$

La línea *d* superior es interior a las líneas límites, lo que

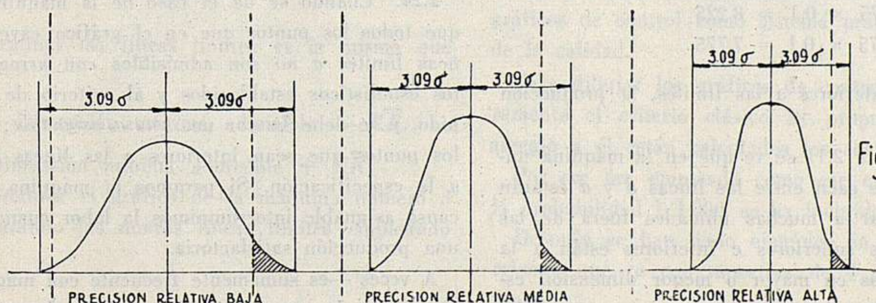


Fig. 2.10

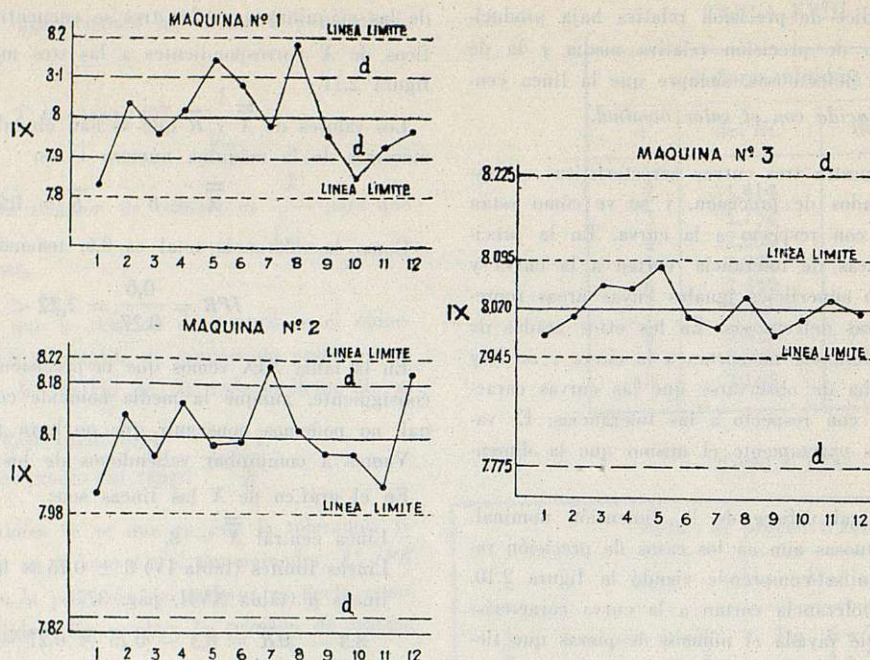


Fig. 2.11

indica que se producirán piezas con dimensiones superiores a las especificadas. Es preciso poner a punto la máquina para que la media esté más próxima a la dimensión nominal. Como la distancia entre esa línea superior y la límite es 0,04 bastaría que la media se redujera a 8,06 para que no hubiera piezas defectuosas.

Se concluye que la máquina es apta y que se producirá bien siempre que la media general se encuentre entre 7,94 y 8,06.

Máquina número 3.

$$\overline{\overline{X}} = 8{,}02 \qquad \overline{R} = 0{,}10$$

$$IPR = \frac{0{,}6}{0{,}1} = 6.$$

Nos encontramos con un índice de precisión relativa alta. Es evidente que con esta máquina se puede producir bien.

Gráfico de $\overline{\overline{X}}$:

Línea central $\overline{\overline{X}} = 8{,}02$.

Líneas límites $8{,}02 \pm 0{,}75 \times 0{,}1$, 7,945 y 8,095

Líneas *d*.

$$8{,}3 - 0{,}75 \times 0{,}1 = 8{,}225$$
$$7{,}7 + 0{,}75 \times 0{,}1 = 7{,}775$$

Como las líneas *d* son exteriores a las límites, la producción será satisfactoria.

En los gráficos de la figura 2.11 se ve que en la máquina número 1 todos los puntos que caen entre las líneas *d* y *a* estarán en control, pero darán lugar a muchas unidades fuera de las tolerancias. Como las líneas superiores e inferiores están a la misma distancia, los defectos en mayor o menor dimensión estarán en proporciones iguales.

En la máquina número 2, los puntos que estuvieran entre las líneas *d* y *a* superiores darían lugar a piezas defectuosas, a pesar de ajustarse al control. No hay defectos por escasez de dimensiones, apreciándose perfectamente en el gráfico que todas las líneas de control están excesivamente desplazadas hacia arriba y que una puesta a punto mejor de la máquina y herramienta que hiciera bajar la línea central y las límites haría entrar a todas las unidades producidas dentro de la especificación.

En la máquina número 3 no hay piezas defectuosas. La distancia entre las líneas *d* y *a* es grande, porque la máquina es demasiado precisa para el trabajo a realizar.

En definitiva: con la máquina número 1 no se puede producir con arreglo a la especificación. Con la número 2 puede hacerse centrando bien la medida y la número 3 es excesivamente precisa para ese trabajo.

Este último es un caso que se presenta a veces con el empleo de máquinas automáticas de gran precisión, y que ha dado lugar a una modificación en la fijación de las líneas límites.

LÍMITES MODIFICADOS

2.24. Cuando se da el caso de la máquina número 3 resulta que todos los puntos que en el gráfico cayeran fuera de las líneas límites *a* no son admisibles con arreglo a los fundamentos estadísticos establecidos y al criterio de probabilidad convenido, y se debe buscar una *causa asignable*; sin embargo, todos los puntos que sean interiores a las líneas *d* están con arreglo a la especificación. Si paramos la máquina para encontrar una causa asignable interrumpimos la labor cuando estamos haciendo una producción satisfactoria.

A veces —es sumamente frecuente con máquinas automáticas— se conoce la causa asignable, que suele ser el desgaste de la herramienta. Por ejemplo, en un torno automático, a medida que

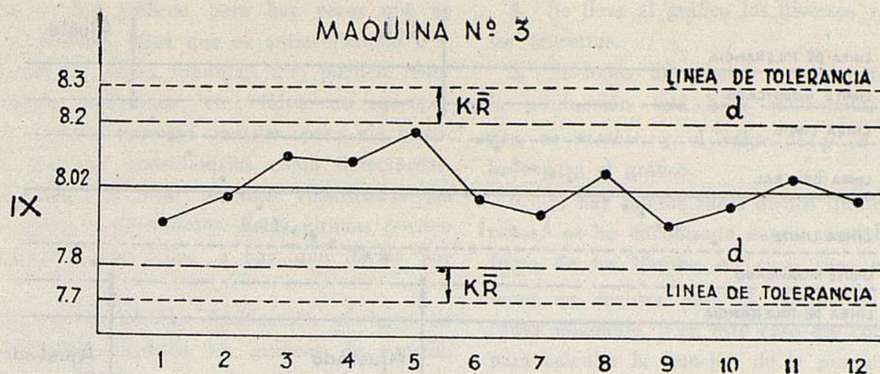


Fig. 2.12

se desgasta la herramienta las dimensiones exteriores de las unidades producidas aumentan. En el ejemplo de la máquina número 3 irá aumentando el diámetro de los pasadores. Cuando las medidas son interiores, disminuyen. Entonces en los gráficos se aprecia claramente una tendencia y se conoce el motivo. En estos casos, es práctica corriente modificar los límites en los gráficos de $\overline{X}$ colocando las líneas límites tomando como base las de tolerancia en lugar de las corrientes y sumando y restando los valores $M\overline{R}$. Tenemos así las líneas d como líneas límite.

Es evidente que los puntos interiores a las líneas d están con arreglo a la especificación, pero para usar esas líneas es indispensable que en el gráfico se aproximen los puntos a esas líneas por tendencia cuya causa se conozca. Sería peligroso usar esos límites cuando los puntos oscilaran dentro de esas líneas en forma arbitraria, sin ley ninguna.

2.25. Hay Manual (1) que emplea coeficientes más conservadores, consignados en la

TABLA XX

n	K
2	1,51
3	1,16
4	1,02
5	0,95
6	0,90
7	0,87
8	0,84
9	0,82
10	0,80

La forma de determinar las líneas límites es la misma que anteriormente.

Límite superior: Dimensión máxima admisible $- K\overline{R}$.

Límite inferior: Dimensión mínima admisible $+ K\overline{R}$.

La figura 2.12 reproduce el gráfico de la máquina número 3 de la figura 2.11 trazando las nuevas líneas límites empleando los coeficientes K.

(1) *A First Guide to Quality for Engineers*, Ministry of Supply, Londres, 1945.

2.26. Observación importante.—Al emplear estos límites modificados es indispensable observar cuidadosamente el rango cuyo valor medio no debe pasar del que ha servido para calcular los límites.

Cuando los límites se calculan por el procedimiento estadístico, si por causa cualquiera aumenta la variabilidad de la producción y en consecuencia el valor medio del rango, tendríamos que anchar los límites. Al seguir con los mismos por no haber controlado bien el rango, se tienen los límites demasiado próximos, y lo que se hará es buscar una causa asignable con demasiada frecuencia, pero no se producirán piezas defectuosas. Con los límites modificados sucede lo contrario, es decir, que si aumenta el valor medio del rango sin haberlo advertido, se tienen los límites modificados demasiado anchos, y estaremos produciendo piezas defectuosas creyendo que están bien.

Insistimos que la práctica de los límites modificados, que está aconsejada por una cuestión económica de eficiencia en el trabajo de la máquina, debe basarse en el conocimiento de la causa por la cual los puntos caen fuera de los límites normales.

Cuando los gráficos pertenecientes a una máquina automática se presentan en la forma de la figura 2.13, es tan claro que la tendencia está motivada por el desgaste de la herramienta, que no sólo se emplean los límites modificados, sino que la puesta en punto de la máquina se hace para comenzar produciendo con la dimensión mínima.

RECAPITULACIÓN

2.27. En este capítulo se ha expuesto primeramente el fundamento del control estadístico de la calidad. A continuación, los gráficos de control como sistema práctico de efectuar el control de la calidad.

Para dibujar los gráficos de control, se ha establecido primeramente el criterio clásico 3σ propuesto por Shewhart, y con arreglo a él están calculados los coeficientes de la tabla I.

Por ser tan empleado como ese criterio el correspondiente a la probabilidad 1/1.000, se ha incluído la tabla II.

Después se han dado ejemplos en la forma práctica más corriente, que es con muestras de 4 ó 5 unidades, utilizando el rango.

Se ha estudiado la producción con arreglo a tolerancias esta-

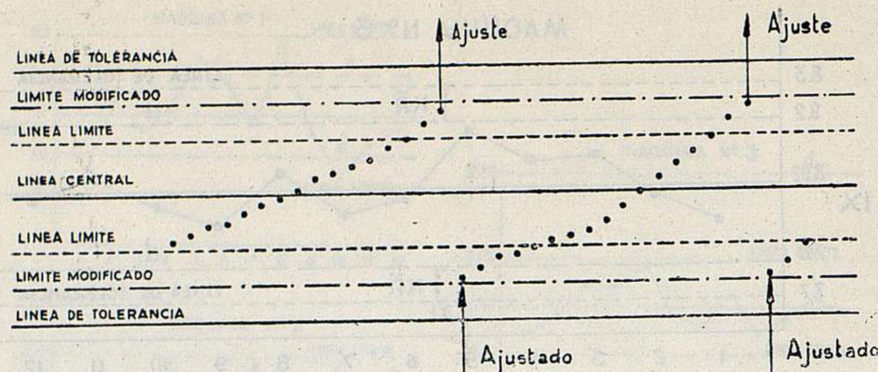


Fig. 2.13

blecidas y se ha expuesto el empleo de la relación de control, del índice de precisión relativa y la forma de determinar si hay o no piezas defectuosas.

Por último, el empleo de los límites modificados.

A medida que va transcurriendo el tiempo, sin alterar los principios fundamentales se han ido introduciendo modificaciones, y no ofrece duda que la flexibilidad del método permite que cada servicio técnico busque la forma y los coeficientes que estime más convenientes en su caso.

No es posible dar cuenta de todas las modalidades que se han ensayado y que aparecen en la extensísima literatura, especialmente en artículos técnicos.

2.28. Los ingleses emplean dos clases de líneas límites: límites exteriores o «límites de acción» y límites interiores o «límites de advertencia» (1).

Los primeros corresponden a una probabilidad 1/1.000; los segundo a 1/25. Los coeficientes se encuentran en las tablas II y IV.

Los gráficos de control aparecen en la forma de la figura 2,14.

Para dar idea de la finalidad de estas líneas límites, vamos a traducir unas líneas de la obra citada de Dudding and Jennett.

«Aunque no es posible dar reglas fijas para determinar en todas las circunstancias si el aspecto de los puntos en el gráfico indica situación de inestabilidad, lo que sigue dará una guía práctica hasta que una persona responsable sea capaz de formar su opinión sobre *la apariencia general de los puntos con respecto a los límites.* La producción debe considerarse inestable o fuera de control cuando un punto está muy próximo a los límites exteriores o fuera de ellos; o dos puntos en diez consecutivos muy próximos a los límites interiores o fuera de ellos; o tres en veinte consecutivos muy próximos a los límites interiores o fuera de ellos. (Naturalmente, antes de tomar una resolución drástica es conveniente asegurarse de que no se han cometido errores al medir, etc., y en algunos casos puede convenir tomar muestras adicionales.) En el caso de que un punto en diez caiga fuera de los límites interiores, pero francamente situado entre los exteriores, se debe suponer estabilidad y continuar el trabajo hasta que haya más datos disponibles, supuesto que los últimos puntos marcados estén bien distribuídos entre los límites sin tendencia indebida hacia un límite.»

Indudablemente, el gráfico de control con ambas clases de límites tiene una sensibilidad mayor, pero no es aconsejable en los comienzos. Es preciso comprender bien y habituarse al empleo de gráficos con límites exteriores solamente.

CLASIFICACIÓN POR ATRIBUTOS

Gráficos de control

2.29. La clasificación por variables requiere tomar medidas o hacer ensayos para tener apreciación cuantitativa de una propiedad y usar esos números en el cálculo de $\overline{X}$ y R o σ que han de

(1) Pearson, *The Application of Statistical Methods to Industrial Standartisation and Quality Control,* British Standards Institution, Londres, 1945. Manual B. S. 600R. de la British Standards Institution, 1942.

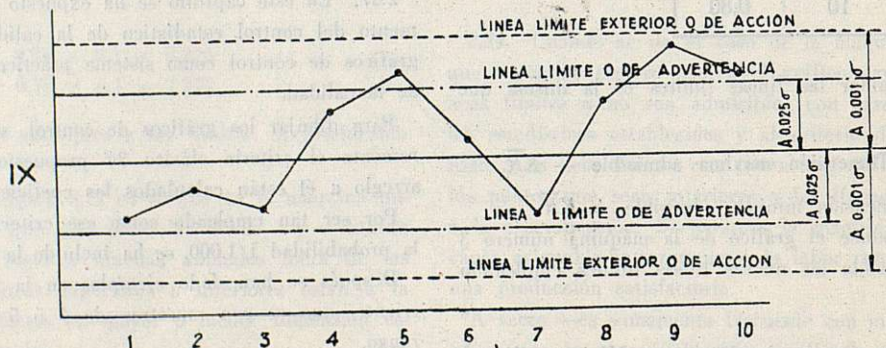


Fig. 2.14

servir para el trazado de los gráficos, pero hay veces que es imposible hacer una medición y otras que es antieconómico.

Por ejemplo, el examen de piezas fundidas, que pueden tener poros, grietas, inclusiones, sopladuras, etc., faltas no susceptibles de medidas, que pueden hacerlas inútiles para su finalidad y por lo menos hay que considerarlas como defectuosas.

Tanto en un caso como en otro, tenemos clasificadas las piezas en dos grupos: *útiles* y *defectuosas*. Estas últimas pueden sufrir un repaso y pasar a ser útiles, o hay que darlas por inútiles.

En las fabricaciones en las que la clasificación se hace en esta forma se han empleado también los gráficos de control, basándose en un número definido como «fracción defectiva».

Si hemos examinado n unidades de una misma producción y hemos encontrado c unidades defectuosas, la fabricación defectiva es, por definición,

$$p = \frac{c}{n}$$

Este número sirve para tratar las líneas de control estadístico en el gráfico correspondiente.

Como antes, se toman muestras periódicamente, cada uno en n unidades, y se determina en cada una de ellas la fracción defectiva. Se trazan dos ejes, señalando en el horizontal —abscisas— los números correlativos de las muestras, y en el vertical —ordenadas— se toman los valores de la fracción defectiva de la muestra correspondiente.

Las líneas de control se trazan en los valores siguientes:

Línea central p'

Líneas límites $p' \pm 3\sqrt{\dfrac{p'(1-p')}{n}}$

Como anteriormente, debemos considerar que la fabricación marcha con normalidad en tanto que los puntos del gráfico caigan dentro de las líneas límites, pero cuando un punto aparezca fuera de ellas hemos de investigar a fin de encontrar la *causa asignable* que presumimos se ha introducido en la producción.

2.30. Un punto importante es la fijación del valor de p'. En la práctica se presentan dos casos:

1.º Se conoce el valor de p' como resultado de estadísticas anteriores durante bastante tiempo de producción. Este valor de p' es el que se utiliza para el trazado de las líneas central y límites del gráfico.

2.º Se comienza una nueva producción y no se conoce el valor de p'. Es el caso general, siendo el anterior un caso particular de éste.

En este caso se procede en la siguiente forma:

1. Se sacan muestras periódicamente de n unidades y se determina en cada muestra la fracción defectiva. El número n debe ser por lo menos el 20 % de la producción entre dos muestras.
2. Cuando se han tomado por lo menos 20 muestras, se halla el valor medio de las diferentes fracciones defectivas, $\overline{p}$.
3. Se hace el gráfico trazando la línea central en el valor de $\overline{p}$ y las líneas límites en $\overline{p} \pm 3\sqrt{\dfrac{\overline{p}(1-\overline{p})}{n}}$
4. Se lleva al gráfico los diversos valores de p encontrados en las muestras.
5. Si todos los puntos se encuentran dentro de los límites, la producción está bien controlada, o, como dicen los sajones, es *estable*, y el valor de $\overline{p}$ se toma decididamente como base para el gráfico.
6. Si hay puntos fuera de los límites, se pueden presentar dos casos: se ha encontrado causa asignable para el punto o puntos fuera de los límites, en cuyo caso esas muestras no se deben tener en cuentra para el cálculo de $\overline{p}$; no se ha encontrado causa asignable, y en este caso ese conjunto de muestras no sirve para calcular la fracción de la producción, y es preciso empezar de nuevo.

Un ejemplo aclarará el procedimiento. Al comenzar una producción de piezas de la que no se tenían datos anteriores, se quiere llevar el control de la misma por medio de gráficos. El examen de las unidades producidas se hace por medio de unos calibres «va» o «no va».

La producción es de 200 unidades a la hora, y se ha decidido sacar muestras de 100 unidades cada dos horas, que representan el 25 % de la producción.

Las primeras 20 muestras han dado los resultados consignados en la

TABLA XXI

Muestra	n	np	p	Muestra	n	np	p
1	100	4	0,04	11	100	4	0,04
2	100	3	0,03	12	100	3	0,03
3	100	7	0,07	13	100	9	0,09
4	100	2	0,02	14	100	2	0,02
5	100	1	0,01	15	100	3	0,03
6	100	10	0,1	16	100	2	0,02
7	100	5	0,05	17	100	10	0,10
8	100	6	0,06	18	100	4	0,04
9	100	8	0,08	19	100	5	0,05
10	100	6	0,06	20	100	6	0,06

Fracción defectiva del conjunto.

$$\overline{p} = \frac{100}{2000} = 0{,}05$$

Gráfico de p. (Fig. 2.15).

Línea central $\overline{p} = 0{,}05$.

Líneas límites $\overline{p} \pm 3\sqrt{\dfrac{\overline{p}(1-\overline{p})}{n}} =$

$$= 0{,}05 \pm 3\sqrt{\frac{0{,}05 \times 0{,}95}{100}} = 0{,}05 \pm 0{,}065$$

0 y 0,115.

Como es natural, nunca puede ser negativa la fracción defectiva, así que si el límite inferior resulta negativo, se toma cero como límite.

Trazado el gráfico y marcando los puntos se ve que la producción se ha mantenido en control, por lo que esas líneas central y límites se emplean en lo sucesivo.

Vamos ahora a suponer que en la tabla XXI las muestras

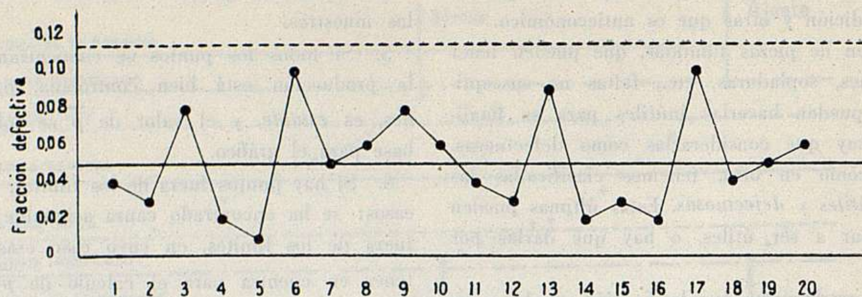


Fig. 2.15

6 y 7 hubieran dado 19 y 16 unidades defectuosas, respectivamente.

En esa hipótesis, el número de defectuosas total había sido 120 y el valor de la fracción defectiva del conjunto.

$$\overline{p} = \frac{1,20}{20} = 0,06$$

Línea central $\overline{p} = 0,06$

Líneas límites $0,06 \pm 3 \sqrt{\dfrac{0,06 \times 0.94}{100}} = 0,06 + 0,07$

0 y 0,13.

En el gráfico (fig. 2.16), las muestras 6 y 7 están fuera de los límites.

Se ha investigado y se ha encontrado causa asignable que ha explicado la anomalía en la producción a la que corresponden esas muestras.

Ahora se prescinde de las muestras 6 y 7 y se determina nuevamente el valor de $\overline{p}$.

Quedan 18 muestras, que arrojan un número de 85 unidades defectuosas en total. El nuevo valor de la fracción defectiva del conjunto es

$$\overline{p} = \frac{85}{1800} = 0,047.$$

El nuevo gráfico de control, (fig. 2,17), lo hacemos con

Línea central $\overline{p} = 0,047$

Líneas límites $0,047 \pm 3 \sqrt{\dfrac{0,047 \times 0,953}{100}} = 0,047 \pm 0,063$

0 y 0,11

Como todos los puntos están ahora dentro de los límites, este nuevo valor de la fracción defectiva, $\overline{p} = 0,047$, es el que sirve de base a los gráficos.

Es conveniente advertir que muchos autores estiman la fracción defectiva en tanto por ciento.

2.31. Se hacen también gráficos de control llevando a los mismos el número de piezas defectuosas encontrado en cada muestra, en lugar de la fracción defectiva; es decir, se emplea el número np en lugar de p.

Cuando se hace el gráfico con los valores de np, las líneas se toman:

Línea central $n\overline{p}$

Líneas límites $n\overline{p} \pm 3 \sqrt{n\,\overline{p}\,(1 - \overline{p})}$

2.32. Ejemplo.—Se han tomado 20 muestras de discos puli-

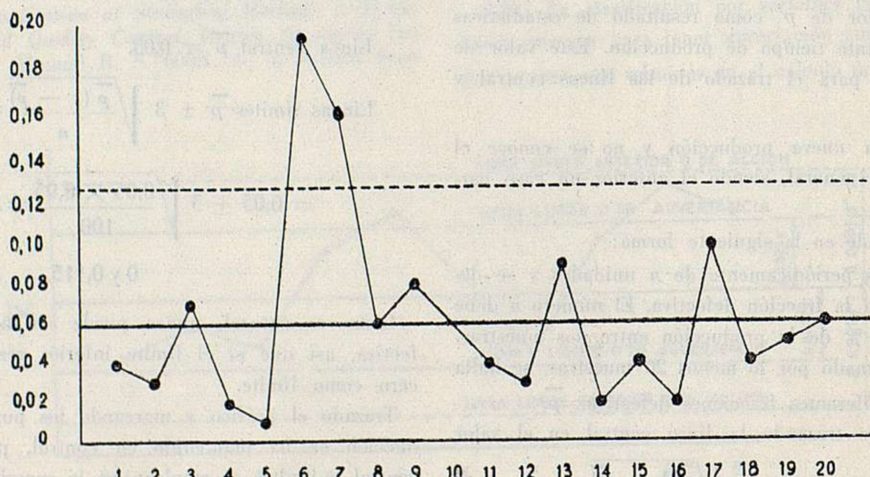


Fig. 2.16

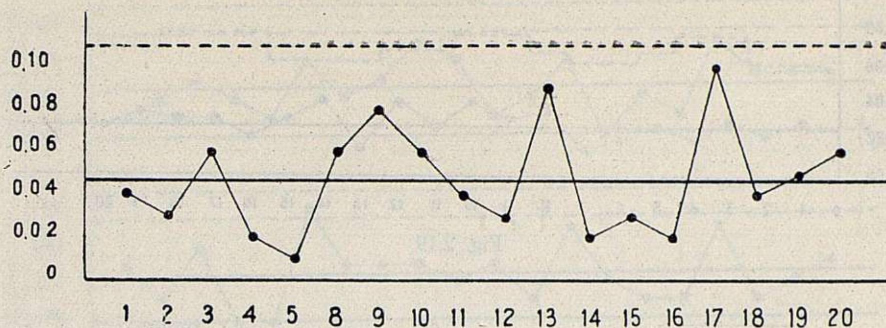


Fig. 2.17

dos para examinar su buen acabado, constando cada muestra de 200 unidades, y se han obtenido los valores de la

TABLA XXII

Muestra	n	np	Muestra	n	np
1	200	1	11	200	4
2	200	4	12	200	2
3	200	5	13	200	1
4	200	3	14	200	2
5	200	2	15	200	3
6	200	4	16	200	2
7	200	0	17	200	6
8	200	2	18	200	3
9	200	1	19	200	2
10	200	3	20	200	1

$\Sigma n = 4000$

$\Sigma np = 51$

$$\overline{p} = \frac{51}{4000} = 0{,}01275 \qquad \overline{np} = \frac{51}{20} = 2{,}55$$

El gráfico es la de la figura 2.18, en la que se han trazado las líneas

Línea central $\overline{np} = 2{,}55$

$$\text{Líneas límites } \overline{np} \pm 3\sqrt{\overline{np}\,(1-\overline{p})} = 2{,}55 \pm$$
$$\pm\, 3\sqrt{2{,}55 \times 0{,}98725} = 2{,}55 \pm 4{,}47$$
$$0 \quad 7{,}02.$$

2.33. Para trazar los gráficos de control se procura que todas las muestras consten del mismo número n de unidades. No siempre se puede. Cuando se está obligado a emplear muestras de tamaños diferentes se pueden emplear dos métodos distintos.

Uno, aproximado, que consiste en considerar como tamaño único de muestra el valor de $\overline{n}$, es decir, la media de las unidades que contienen todas las muestras y utilizar ese número para la determinación de las líneas límites. Este procedimiento se emplea solamente cuando la variación n es pequeña, no superior a un 15 %.

El procedimiento riguroso a seguir es determinar las líneas límites para cada muestra.

2.34. Ejemplo.—Se han sacado 20 muestras con los resultados de la

TABLA XXIII

Muestra	n	np	p	Muestra	n	np	p
1	200	6	0,03	11	150	4	0,027
2	200	5	0,025	12	150	6	0,04
3	100	3	0,03	13	200	3	0,015
4	100	2	0,02	14	200	8	0,04
5	150	4	0,027	15	200	6	0,03
6	200	4	0,02	16	100	2	0,02
7	200	3	0,015	17	100	3	0,03
8	150	5	0,033	18	100	3	0,03
9	100	3	0,03	19	150	5	0,033
10	100	4	0,04	20	150	4	0,027

$\Sigma n = 3000$

$\Sigma np = 81$

$$\overline{p} = \frac{81}{3000} = 0{,}027$$

El gráfico está representado en la figura 2.19. En este gráfico se ha trazado una línea central para todas las muestras en el valor $\overline{p} = 0{,}027$.

Las líneas límites son:

$$\text{Para } n = 200 \quad 0{,}027 \pm 3\sqrt{\frac{0{,}027 \times 0{,}973}{200}} =$$
$$= 0{,}027 + 0{,}034 \quad 0 \text{ y } 0{,}061$$

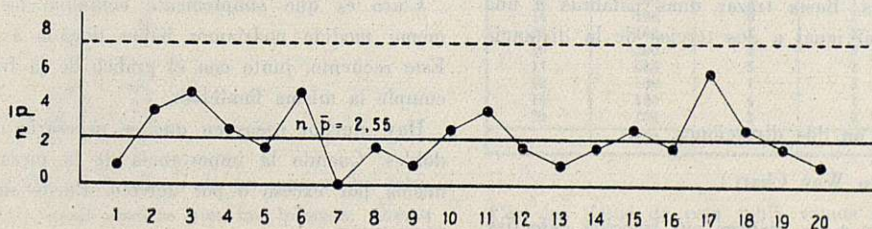


Fig. 2.18

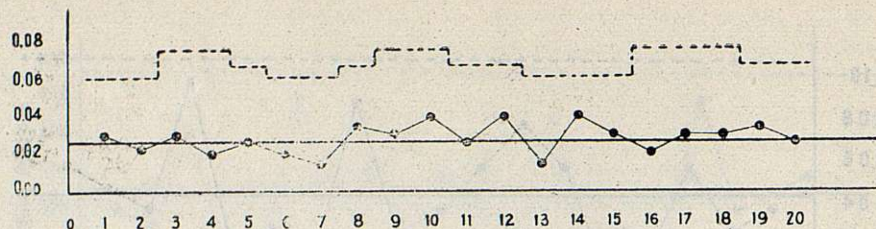


Fig. 2.19

$$150 \quad 0{,}027 \pm 3 \sqrt{\frac{0{,}027 \times 0{,}973}{150}} =$$
$$= 0{,}027 + 0{,}04 \quad 0 \text{ y } 0{,}067$$

$$100 \quad 0{,}027 \pm 3 \sqrt{\frac{0{,}027 \times 0.973}{100}} =$$
$$= 0{,}027 + 0{,}049 \quad 0 \text{ y } 0{,}076$$

Es evidente que cuando las muestras no son del mismo tamaño no es adecuado el gráfico de *np*, porque en éste varía también la línea central según el valor de *n*.

2.35. Límites interiores.—Ya se dijo al hablar de la clasificación por variables y de los gráficos de control correspondiendientes, que una modificación que se había introducido era la colocación de otras líneas límites llamadas «límites de advertencia». En aquellos gráficos es indudable que la colocación de esas líneas les da alguna mayor sensibilidad, y sin embargo, puede prescindirse de ellas sin gran inconveniente.

En los casos de los gráficos por atributos consideramos que esos límites interiores tienen más interés, por ser estos gráficos mucho menos sensibles que en la clasificación por variables. En ésta, todas las individualidades medias nos dan una información y un punto en el gráfico. Por atributos, las piezas útiles no dejan rastro ninguno. En los gráficos por variables es posible producir sin unidades defectuosas. Con un índice de precisión relativa no inferior al crítico y ajustando la herramienta cuando indica el gráfico, es posible conseguirlo. En el gráfico por fracción defectiva es imposible, pues es necesaria una fracción defectiva bastante superior a la media para que el gráfico nos induzca a pensar que hay una *causa asignable*.

Esta falta de sensibilidad del gráfico por fracción defectiva hace que consideremos más interesante los límites de advertencia en estos gráficos que en los estudiados en el capítulo anterior.

Las líneas interiores se colocan en los valores

$$\overline{p} \pm 2 \sqrt{\frac{\overline{p}\,(1 \quad \overline{p})}{n}}$$

No es preciso calcularlas. Basta trazar unas palabras a una distancia de la línea central igual a dos tercios de la distancia de los límites exteriores.

Gráficos en dos direcciones.

(Two Way Chart.)

2.36. Este deseo de darle a los gráficos por fracción defectiva mayor sensibilidad ha conducido a una nueva forma de gráficos propuesta por Dudding and Jennett en el manual BS 600R-1942 (1).

En el control empleado los calibres «va» y «no va», las piezas defectuosas pueden serlo por no pasar por el primero o pasar por el segundo. En los gráficos expuestos en lo que antecede no se hace ninguna distinción, y para formarse idea más precisa se ha propuesto llevar dos gráficos, uno para las piezas defectuosas en el calibre «va» y otro para las defectuosas en el calibre «no va».

2.37. Tomemos como ejemplo el gráfico de la figura 2.17. Si la producción se desea que esté centrada entre los calibres «va» y «no va», debemos tener *a priori* la misma proporción por defecto que por exceso. La fracción defectiva que para todas las piezas defectuosas era 0,05, será ahora 0,025 para cada uno de los gráficos. Tendremos en éstos:

Línea central $\overline{p} = 0{,}025$

Límites exteriores $0{,}025 \pm 3 \sqrt{\frac{0{,}025 \times 0{,}975}{100}} = 0{,}025 \pm 0{,}047$

$0 \text{ y } 0{,}072$

Límites interiores $0{,}025 \pm 2 \sqrt{\frac{0{,}025 \times 0{,}975}{100}} = 0{,}025 \pm 0{,}031$

$0 \text{ y } 0{,}056$

El gráfico de la figura 2,15 se descompone en los dos gráficos de la figura 2.20 y como en cada gráfico hay aproximadamente la mitad del total de piezas defectuosas, tenemos que aceptar que la dimensión media de las piezas equidista de ambos calibres y que las piezas defectuosas se deben a la variabilidad del proceso de fabricación.

Pero si hubiéramos visto que en uno de los gráficos había una proporción netamente superior, tendríamos que suponer que la dimensión nominal no estaba centrada, sino desplazada en el sentido del gráfico de mayor proporción, y que quizá se pudiera reducir la fracción defectiva total centrando mejor la producción.

Claro es que simplemente contando las piezas en mayor y menor medida podríamos haber llegado a la misma conclusión. Este recuento, junto con el gráfico de la fracción defectiva total, cumple la misma finalidad.

Hay muchos casos en que es necesario emplear estos gráficos dobles. Cuando la importancia de la pieza defectuosa no es la misma por exceso o por defecto. Puede suceder que admitamos

(1) Manual de la British Standard Institution.

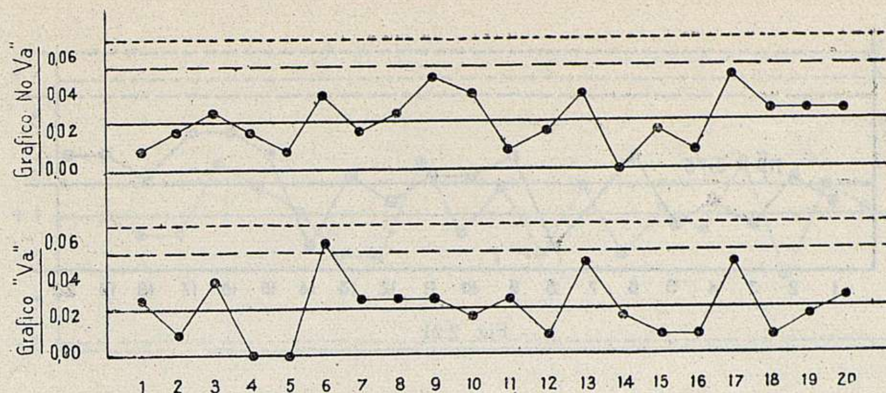


Fig. 2.20

un 2 % defectuosas por exceso y un 4 % por defecto. Entonces es evidente que tenemos que llevar los dos gráficos, uno con las líneas calculadas partiendo de una fracción defectiva 0,02 y otro tomando como base la fracción defectiva 0,04.

Gráficos de Tippett.

(Dual Chartí.)

2.38. No se han parado aquí los intentos para conseguir una sensibilidad mayor de los gráficos apoyándose en la fracción defectiva. Puesto que los gráficos por variables, uno de $\overline{X}$ y otro de σ o R, representando la medida central y la variabilidad del proceso satisfacen plenamente, se ha querido ver de conseguir unos gráficos que dieran una información que tuviera analogía con aquélla.

El renombrado estadístico L. H. C. Tippett ha propuesto llevar un gráfico doble. En uno de ellos se pondría en la ordenada el valor de la diferencia entre las piezas defectuosas por exceso y por defecto que hay en la muestra, y en el otro, la suma.

Llamemos c al número total de unidades defectuosas en una muestra, y sean c_1 y c_2 las unidades defectuosas por mayor y menor medida, respectivamente.

En un gráfico marcamos $a = c_1 - c_2$, y en el otro $c = c_1 + c_2$.

Gráfico de a

Línea central $\overline{a} = \overline{c_1} - \overline{c_2}$.

Líneas límites $a \pm 3 \sqrt{\overline{c} - \frac{\overline{a^2}}{n}}$

Gráfico de c.

Línea central $\overline{c} = \overline{c_1} + \overline{c_2}$.

Líneas límites $c \pm 3 \sqrt{\overline{c} - \frac{\overline{c^2}}{n}}$

Obsérvese que este gráfico es el mismo de np, que se ha estudiado anteriormente. Las líneas límites son las mismas, puesto que por ser

$$\overline{c} = \overline{np} \qquad \overline{c} \pm 3 \sqrt{\overline{c} - \frac{\overline{c^2}}{n}} = \overline{np} \pm 3 \sqrt{\overline{np} - \frac{n^2 \overline{p^2}}{n}} =$$

$$= \overline{np} \pm 3 \sqrt{\overline{np} - \overline{np^2}} = np \pm 3 \sqrt{\overline{np}\,(1 - \overline{p})}$$

2.39. Un ejemplo aclarará las diferencias que hay entre los diversos sistemas.

En el número 2.14 se puso un ejemplo de producción de pasadores y los gráficos de control correspondientes. Se trataba de pasadores que tenían una dimensión nominal de 8 mm. y una tolerancia de 0,3 mm. En aquel caso medíamos las unidades de las muestras y sacábamos la media y el rango. Ahora establecemos dos calibres, uno de 8,3 mm. y otro de 7.7 mm. El primero es el calibre «va» y el segundo el «no va». Es útil toda pieza que pasa por el primero y no por el segundo, y defectuosa la que no pasa por el primero o pasa por el segundo.

En 20 muestras de 100 unidades se han obtenido los resultados de la

TABLA XXIV

Muestras	n	Unidades defectuosas		$a = c_1 - c_2$	$c = c_1 + c_2$
		c_1	c_2		
1	100	2	1	1	3
2	100	2	2	0	4
3	100	1	1	0	2
4	100	0	3	3	3
5	100	2	0	2	2
6	100	3	2	1	5
7	100	1	2	− 1	3
8	100	0	1	− 1	1
9	100	4	1	3	5
10	100	2	2	0	4
11	100	3	1	2	4
12	100	1	2	− 1	3
13	100	3	1	2	4
14	100	0	1	− 1	1
15	100	3	2	1	5
16	100	3	3	0	6
17	100	5	1	4	6
18	100	1	3	− 2	4
19	100	4	1	3	5
20	100	3	2	1	5
	2000	46	29	17	75

Con los datos de esta tabla vamos a hacer tres gráficos; el corriente, el gráfico en dos direcciones y el Tippett.

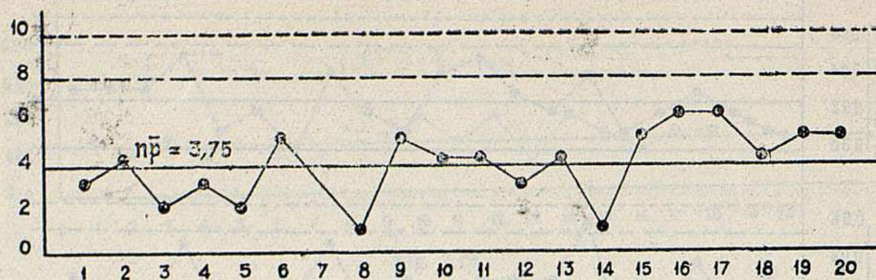


Fig. 2.21

$$\bar{p} = \frac{75}{2000} = 0,0375 \quad \bar{a} = \frac{17}{20} = 0,85$$

$$\bar{c} = n\bar{p} = \frac{75}{20} = 3,75$$

$$\bar{c}_1 = \frac{46}{20} = 2,3 \qquad c_2 = \frac{29}{20} = 1,45$$

Gráfico 1.º El de np (fig. 2.21).

Línea central $\quad n\bar{p} = 3,75.$

Líneas límites $\quad 3,75 \pm 3 \sqrt{3,75 \times (1 - 0,0375)} \quad 0 \text{ y } 9,45$

Líneas interiores $\quad 3,75 \pm 2 \sqrt{3,75 \times (1 - 0,0375)} \quad 0 \text{ y } 7,55$

Gráfico 2.º Comprende los de c_1 y c_2 (fig. 2.22).

En este gráfico debemos tomar, de autoridad, la mitad de la fracción defectiva total como base de ambos gráficos, puesto que nuestro propósito era centrar la producción en una media de 8 mm. Por consiguiente, en ambos gráficos.

Línea central $\quad \frac{n\bar{p}}{2} = 1,875$

Líneas límites $\quad 1,875 \pm 3 \sqrt{1,875 \times (1 - 0,01875)} \quad 0 \text{ y } 5,95$

Líneas interiores $\quad 1,875 \pm 2 \sqrt{1,875 \times (1 - 0,01875)} \quad 0 \text{ y } 4,59$

Gráfico de Tippett (Fig. 2.23). El de $a = c_1 - c_2$ *tiene*:

Línea central $\quad \bar{a} = \frac{17}{20} = 0,85$

Líneas límites $\quad a \pm 3 \sqrt{\bar{c} - \frac{\bar{a}^2}{n}} =$

$$= 0,85 \pm 3 \sqrt{3,75 - \frac{0,85^2}{100}} \qquad - 4,77 \text{ y } 6,67$$

El de $c = c_1 + c_2$ np es el mismo de la fig. 2.21.

OBSERVACIONES

2.40. De las formas expuestas, la que más se emplea es el gráfico sencillo. Las otras formas, circunstancialmente.

Los gráficos de la fracción defectiva —clasificación por atributos—son mucho menos sensibles y eficaces que los de la media y el rango —clasificación por variables—. En los últimos, toda unidad examinada deja su información en el gráfico; en aquéllos, las unidades útiles no dejan rastro ninguno; solamente las defectuosas marcan su huella, y por esa causa la sensibilidad del gráfico es tanto menor cuanto menor es la fracción defectiva. A medida que baja la fracción defectiva se debe aumentar el número de unidades de la muestra. Es conveniente que siempre se encuentre alguna unidad defectuosa en la muestra, pues de lo contrario podríamos encontrarnos con gráficos en que una proporción importante de muestras no nos diera ninguna información.

Como solución para estos casos se ha intentado agrupar va-

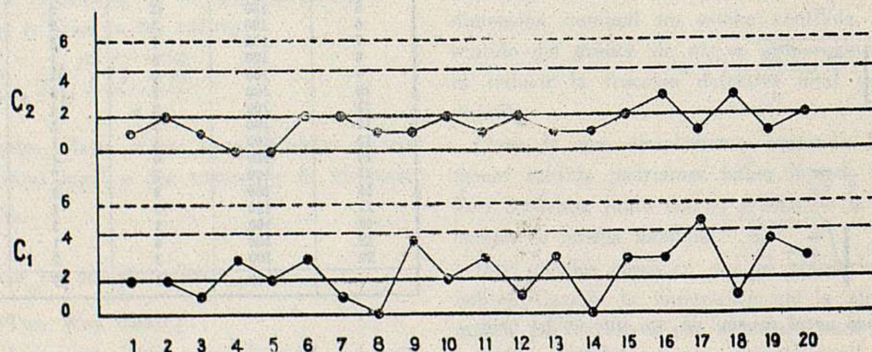


Fig. 2.22

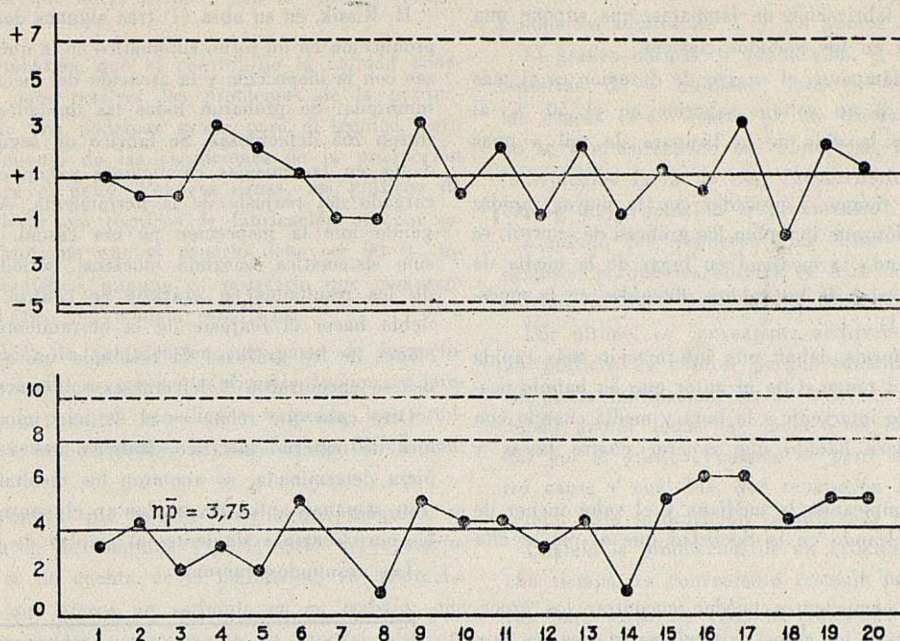


Fig. 2.23

rias muestras en una, que es un modo de aumentar el tamaño de la muestra que se considera; pero, en rigor, es el gráfico por variables el que sería necesario emplear.

Para valores de la fracción defectiva inferiores al 4 % empieza a ser excesivamente grande la muestra que se requiere.

Aunque no hemos agotado todas las modalidades que se han propuesto, creemos que lo expuesto es suficiente para la comprensión de cualquier modificación que se pueda introducir.

COMENTARIOS

2.41. El control de la calidad, tal como se ha expuesto, o contribuye a disminuir el coste de la unidad útil producida o no tiene interés para el industrial. La experiencia es la que ha de indicar su verdadero valor.

El control de la calidad puede decirse que tiene su iniciación al publicarse en 1931 la célebre obra de A. W. Shewhart *Economic Control of Quality of Manufactured Product*, obra de no fácil lectura, que es la base y punto de partida de todo lo que posteriormente se ha escrito. Esa obra se publicó después de experimentar la aplicación de métodos estadísticos en la Bell Telephone Laboratories Inc. de Nueva York, y dice en el prefacio:

«Este libro es la natural consecuencia de una investigación comenzada hace seis años para desarrollar una base científica con objeto de conseguir un control económico de la calidad del producto manufacturado por el establecimiento de límites de control que nos indiquen en cada etapa del proceso de la producción, desde las primeras materias hasta variando la calidad del producto más que lo que es deseable económicamente. Así, este libro constituye un registro del avance realizado y una indicación de la dirección en que se pueden esperar futuros desarrollos.»

En este libro se establece el criterio 3σ para las líneas límites de los gráficos de control, que es el que se ha expuesto en primer lugar, pero como posteriormente en muchos libros y manuales se han empleado coeficientes basados en criterios numéricos de probabilidad, ha creído conveniente el autor dar las tablas y coeficientes correspondientes a ambos criterios.

Hay que reconocer que el criterio numérico de probabilidad es un poco hipotético, pues es preciso que la distribución sea normal, lo que nunca sabemos de antemano.

En todo caso, ambos criterios son prácticamente iguales y es indiferente emplear uno u otro. En último término, comprendidos los fundamentos, cada industrial modificará el criterio si lo estima conveniente.

En el Manual de la Imperial Chemical Industries Ltd (1) se dice: «La experiencia puede enseñar que en algunos procesos de fabricación los límites exteriores o límites de acción deben espaciarse a una distancia inferior a 3σ de $\overline{X}$, lo que hay que dejarlo al juicio de los usuarios de los gráficos. Por ejemplo, en la fabricación de pinturas, por cargas u hornadas, se ha encontrado más conveniente emplear las probabilidad 1/400 para los límites exteriores, es decir, líneas situadas en

$$\overline{X} \pm 2{,}81 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}.$$

Esta observación confirma la opinión de la posibilidad de adopción de diferentes coeficientes, según aconseje la experiencia.

Mucho más interesante es el método empleado por una Com-

(1) *Statiscal Methodsin Research and Production. With Special Reference to the Chemicql Industry.* 2.ª edición, Londres, 1949.

pañía americana en su fabricación de lámparas, que supone una importante modificación en los métodos clásicos.

En la fabricación de lámparas, el ensayo de duración es el más importante, y se hace a un voltaje superior en el 50 % al nominal, lo que reduce la vida de la lámpara de mil a unas cinco horas.

Con objeto de ganar tiempo y proceder con la mayor rapidez posible a ejercer la acción que indiquen los gráficos de control, se han hecho éstos empleando la mediana en lugar de la media de la muestra, y el menor valor de los valores obtenidos en la muestra en lugar del rango (1).

Los gráficos en esta forma daban una información más rápida que los de la media y el rango. Cita el autor que ha habido ocasión en que se ha podido intervenir a la hora y media cuando con los otros gráficos hubiera habido que esperar cuatro horas y media.

Este procedimiento, empleando la mediana y el valor menor de la muestra, se está empleando en la Sociedad que al pie se cita desde el año 1945.

Servicios estadísticos competentes pueden encontrar los procedimientos más adecuados a los casos particulares que se les presente, pero todas las diferencias que se encuentran en los modos de aplicación no alteran absolutamente nada los fundamentos establecidos en la obra de Shewhart. Cualquiera que sea el procedimiento que se emplee, hay una regla que hay que cumplir siempre, en lo que están todos de acuerdo: que es indispensable que creamos que las diferencias entre las unidades producidas son debidas al azar. Es decir, que nunca se deben acumular en una estadística datos procedentes de procesos, máquinas, turnos, etc., que suponemos darán lugar a producciones diferentes por creer que hay causas específicas correspondientes al proceso, máquina turno, etc., que harán cambiar la variabilidad de la producción.

Es condición absolutamente indispensable dividir la producción en cuantos subgrupos sea preciso para que dentro de cada uno de ellos la variabilidad se deba exclusivamente al azar. El olvido de esta condición puede hacer fracasar totalmente la técnica estadística.

Volviendo al punto fundamental, al económico, se leen resultados que prueban la favorable influencia que en muchos casos han tenido en la producción los gráficos de control.

En el mismo libro de Shewhart, se lee: «Unos treinta items empleados en la fabricación de teléfonos, producidos en cantidad de millones al año, se tomaron como base de este estudio. Durante el período 1923-1924 estos items estuvieron en control en el 68 %, con una fracción defectiva media de 1,4 %, que es francamente baja. Sin embargo, cuando causas asignables indicadas por las desviaciones en la fracción defectiva mensual observada, que caían fuera de los límites, se encontraron y eliminaron, la calidad del producto se aproximó al estado de control, como lo indica el momento desde el 68 % hasta el 84 % para la última parte del año 1926. Al mismo tiempo, la calidad mejoró; en 1923-1924, la fracción defectiva media fué 1,4 %, en tanto que en 1926 se redujo al 0,8 %.

(1) *Saving Time in Testing Life of Incandescent Lamps*, por W. R. Purcell, Manager of Quality Control, Sylvania Electric Products, Inc. Salem Mass Electrical Engineering, julio, 1949.

H. Rissik, en su obra (1) trae algunos datos interesantes. Cita la producción en un torno automático en la que se hicieron 10.000 piezas con la inspección y la atención del mecánico en la forma acostumbrada. Se probaron todas las unidades del lote y se encontraron 765 defectuosas. Se fabricó un segundo lote de 7.000 unidades en las mismas condiciones y con el mismo mecánico encargado del reajuste de la herramienta. Ahora bien, en este segundo lote la inspección no era casual, a juicio de inspector, sino sistemática, sacando muestras periódicamente y consignando los resultados en gráficos de control. Además, el mecánico debía hacer el reajuste de la herramienta siguiendo las indicaciones de los gráficos. El resultado fué que en las 7.000 unidades se encontraron 9 defectuosas solamente.

Otro caso que relata es el de una importante firma constructora de material eléctrico. Refiriéndose a la producción de una pieza determinada, se anotaron los resultados obtenidos en veintiún semanas antes de implantar el control de la calidad y en las once semanas siguientes al empleo de los gráficos de control.

Los resultados fueron:

	Producción semanal media	Unidades finalmente aceptadas
Antes del control de la calidad	13.053	11.143
Después del control de la calidad..........	14.381	13.545

El aumento de producción útil es 13.545 — 11.143 = 2.402, que representa $\frac{2.402}{11.143} = 21{,}6\ \%$.

Otro caso muy interesante es el de la fabricación de un conjunto complicado electromecánico, uno de cuyos componentes era una pieza fundida con una aleación de aluminio que debía sufrir dieciocho mecanizaciones. Se sometieron once a la rutina del control de la calidad, con el resultado siguiente:

	Lote	Aceptadas inicialmente	Aceptadas después de rectificadas	Rechazadas definitivamente
Antes del control	450	224	150	76
Después del control ..	500	390	60	45

Aquí el resultado es también sumamente favorable. En resumen, los porcentajes de piezas inútiles han sido, respectivamente

$$\frac{76}{450} \times 100 = 16{,}9\ \% \quad \text{y} \quad \frac{45}{500} \times 100 = 9\ \%.$$

Además, antes del control, aun habiendo tenido una proporción netamente superior de piezas inútiles, hubo que rectificar noventa piezas más que después del control.

Entidades que han implantado el control, libros, revistas, etcétera, han publicado multitud de casos con resultados estimulantes, y consideran que bien llevado hace mejorar la calidad y reduce la cantidad de inspección necesaria.

En el caso de clasificación por atributos, cuando la producción es considerable, los gráficos de control pueden evitar el

(1) H. Rissik, *Quality Control in Production*, Londres, 1947.

100 % de inspección que suele hacerse, con la correspondiente economía.

Nadie crea, sin embargo, que el control de la calidad constituye una panacea para resolver los problemas de la producción. Es simplemente una poderosa ayuda para el técnico, pero un profundo conocimiento de las condiciones de la producción es indispensable para el éxito. Por esa causa, los gráficos de control se han de llevar por técnicos de fabricación, no por estadísticos. Casi es aforismo que el usuario debe ser 90 % ingeniero y 10 % estadístico, aunque es necesario que comprenda el fundamento básico del método estadístico.

Es necesaria también la comprensión por parte de inspectores y obreros, y para ello es preciso explicarles lo que se pretende, haciéndolo con palabras sencillas y evitando los términos técnicos que puedan chocarles, lo que no es difícil conseguir.

Los gráficos de control que corresponden a una máquina se deben colocar cerca de la máquina y a la vista del operario, de modo que éste se dé cuenta de la marcha de su labor. La experiencia enseña que ejerce un estímulo en su trabajo, que cuando llega a comprender perfectamente su función los considera como amigos que le ayudan en su tarea.

Una cuestión que suele ocasionar algunas dificultades al principio en la clasificación por variables es la situación de las líneas límites. Los operarios, al verlas colocadas muy interiores a los límites de tolerancia, estiman que lo que se ha hecho es estrechar éstos, lo que suele producir el disgusto consiguiente. No se dan cuenta que la muestra es de varias unidades y que el valor que se lleva al gráfico es la media de las diversas medidas y que la media debe tener una variabilidad menor que las individualidades. Para que comprendan la causa y se evite su descontento lo más sencillo es llevar un gráfico de X en el que se anotan no solamente los valores de $\overline{X}$ de cada muestra, sino también los valores individuales de X. En la figura 2.24 se representa un gráfico en el que las líneas límites son las de trazos y corresponden a valores de $\overline{X}$ con muestra de 5 unidades; las líneas llenas son las de tolerancia. Las cruces representan los valores de X y los puntos los individuales.

El gráfico normal de producción, el que se habría sacado con muestras de 5 unidades, está en control, puesto que todas las cruces están dentro de las líneas de trazos. Sin embargo, no se han estrechado las tolerancias, pues hay bastantes valores individuales fuera de esas líneas límites de trazos, sin que por ello se haya detenido la producción.

Llevando los primeros días estos gráficos, son innecesarios después, porque los obreros se han dado cuenta de que no han sufrido cambio de tolerancias.

Por último, es conveniente archivar las hojas de anotación y los gráficos de control porque constituyen una verdadera historia de la fabricación. En la hoja, en el gráfico o en ambos se deben anotar todas las incidencias en la producción ocasionadas por el gráfico; cuándo se paró la fabricación, si se encontró causa y cuál fué, qué reparación o modificación se hizo, etcétera. Esta información es utilísima en lo sucesivo.

Cuando la producción de un artículo se mantiene durante mucho tiempo, es conveniente resumir periódicamente las estadísticas para sacar de ellas los valores de $\overline{X}'$ σ' y p' que han de servir de base a la producción que sigue. Estos valores se van precisando cada vez más, si la fabricación se ha mantenido en control. Siempre hay que separar los resultados obtenidos cuando la fabricación no ha estado en control.

En nuestro país, que sepa el autor, no se han empleado aún los gráficos de control e interesa la forma progresiva comenzando por alguna operación que se está realizando satisfactoriamente, para preparación y adiestramiento del personal

CAPÍTULO III

RECEPCIÓN DE MATERIALES

3.1. Un problema práctico, interesantísimo, la recepción de materiales, se halla tan ligado con el control de la calidad que creemos conveniente dedicarle unas páginas.

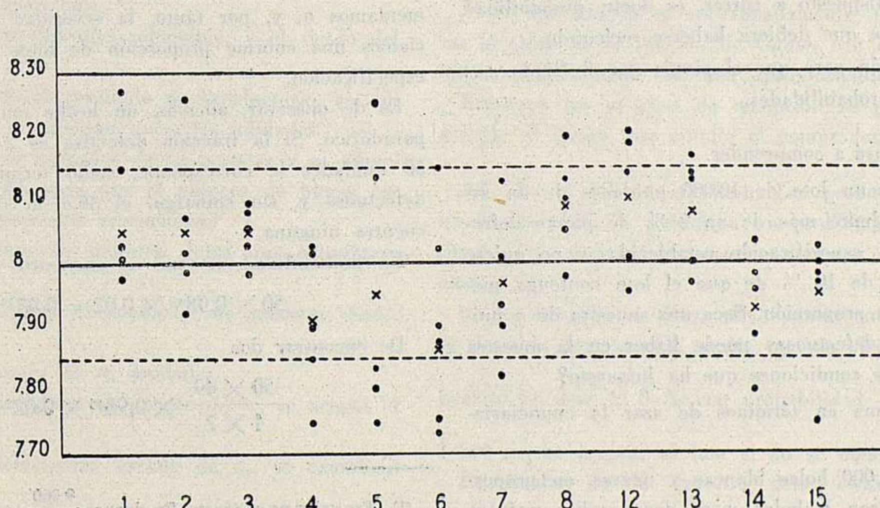


Fig. 2.24

El industrial compra primeras materias, productos semifabricados, artículos fabricados, piezas, etc., y para su recepción hace unos ensayos que le garantizan de la calidad del lote que ha adquirido.

Esta cuestión aparentemente sencilla tiene una complejidad y unas dificultades no fáciles de salvar.

En primer lugar, el industrial tiene que saber lo que necesita, no siempre fácil. Tiene que fijar la calidad del artículo que solicita del mercado, y esta calidad la ha de precisar por un conjunto de condiciones a las que ha de satisfacer el artículo, lo que constituye la especificación del mismo. Es condición que la calidad fijada se encuentre en el mercado y económicamente es conveniente que no fije una calidad superior a la que realmente necesita.

Después ha de establecer los ensayos de recepción para asegurarse de que las diferentes unidades cumplen con la especificación.

Aquí aparece otra dificultad. Casi nunca se ensayan todas las unidades que constituyen un lote, unas veces por ser antieconómica y muchas por ser imposible, porque el ensayo es destructivo.

En estos casos, la calidad del lote se estima por el resultado que ha dado el examen de una muestra, la que está constituída por *n* unidades.

Es absolutamente evidente que no probando todas las unidades no conocemos con precisión la calidad del lote, y que al decidir la aceptación de un lote por el resultado de una muestra correm'os un riesgo. Por no declararlo explícitamente no deja de existir.

El comprador corre su riesgo, constituído por dos hechos conjuntos: que el lote que se le entrega sea de calidad inferior a la especificada; que las pruebas de recepción, *por azar*, den resultado satisfactorio.

A su vez, el vendedor corre otro riesgo: que el lote que entrega sea de calidad superior a la especificada; que las pruebas de recepción, por azar, den resultado desfavorable.

Desde el punto de vista del comprador tiene que plantearse el problema de la forma siguiente:

1. Establecimiento de una especificación.
2. Riesgo que está dispuesto a correr, es decir, probabilidad de aceptación de un lote que debiera haberse rechazado.
3. Ensayo de recepción para que el riesgo sea el fijado.

Es un problema de probabilidades.

3.2. Un ejemplo ayudará a comprender.

Un fabricante compra un lote de 10.000 unidades de un artículo cualquiera. No admite más de un 2 % de piezas defectuosas, con arreglo a la especificación establecida, y no quiere correr un riesgo mayor de 10 % de que el lote contenga piezas defectuosas en mayor proporción. Saca una muestra de *n* unidades. ¿Cuántas piezas defectuosas puede haber en la muestra para que se cumplan las condiciones que ha impuesto?

Planteado este problema en términos de azar lo enunciaríamos:

«En una urna hay 10.000 bolas blancas y negras, en proporción desconocida. Se sacan *n* bolas y se desea saber cuántas bolas negras puede haber como máximo para que tengamos la probabilidad 0,9 de que en la urna no haya más de 200 bolas negras.»

No se precisa conocer mucho de probabilidades para saber que este problema no tiene solución.

Es problema de probabilidad de causas, y la aplicación de la fórmula de Bayes exige el conocimiento de la probabilidad *a priori* de las posibles composiciones de la urna.

Que no tenga solución precisa, no quiere decir que no se pueda hacer una estimación de la composición de la urna, pero el cálculo enseña que es necesaria una muestra de mucha importancia para que la estimación que hagamos tenga probabilidad suficiente para apoyarnos en ella.

Volviendo al problema práctico, vamos a calcular algunas probabilidades partiendo de hipótesis previas.

Supongamos que el lote tiene una fracción defectiva de 1 %. Tomamos una muestra de 50 unidades y ponemos la condición de que ninguna ha de ser defectuosa en la muestra. ¿Cuál es la probabilidad de aceptar el lote?

La probabilidad de una unidad útil es 0,99. La de sacar 50 útiles, $0{,}99^{50}$ (1) = 0,605.

Es decir, la probabilidad de aceptar el lote es 0,605. La de rechazarlo es 0,395.

Si la fracción defectiva fuera 2 %, se tendría

$$0{,}98^{50} = 0{,}365$$

Haciendo el cálculo hasta 5 % se encuentra

	Fracción defectiva del lote				
	1	2	3	4	5
Probabilidad de aceptar	0,605	0,365	0,218	0,13	0,077
Probabilidad de rechazar	0,395	0,635	0,782	0,87	0,923

El ensayo que se hace es inadecuado. De lotes que tienen 1 % de fracción defectiva —la mitad de lo especificado— se rechazarían el 39,5 %, más de la tercera parte, y de lotes que tienen el 3 % se admitirían el 21,8 %.

No hay garantía ninguna de éxito. Si para asegurar de que no se admiten lotes con más del 2 % de fracción defectiva aumentamos *n*, y, por tanto, la severidad de la prueba, rechazaríamos una enorme proporción de lotes que cumplirían con la especificación.

Es de observar, además, un hecho curioso y a primera vista paradójico. Si la fracción defectiva es 2 %, a una muestra de 50 unidades le corresponde, como término medio, una unidad defectuosa y, sin embargo, el 36,5 % de las veces no se encuentra ninguna.

La probabilidad de que se encuentre solamente una es

$$50 \times 0{,}98^{49} \times 0{,}02 = 0{,}98^{49} = 0{,}375.$$

De encontrar dos

$$\frac{50 \times 49}{1 \times 2} \times 0{,}98^{48} \times 0{,}02^{2} = 0{,}185.$$

---

(1) **Ese valor no es exacto. En rigor es** $\frac{9.900}{10.000} \times \frac{9.899}{9.999} \times \frac{9.898}{9.998} \times \dots \frac{9.851}{9.951}$
Es suficientemente aproximado aquel valor.

La probabilidad de que la muestra dé un resultado tan bueno o mejor que el lote es

$$36{,}5\ \% + 37{,}5\ \% + 18{,}5\ \% = 92{,}5\ \%.$$

es decir, que las muestras mejores que el lote se presentan con mucha más frecuencia que las peores.

3.3. Lo mismo que en los gráficos de control, cuando la fracción defectiva es pequeña, el procedimiento pierde sensibilidad.

Por ejemplo, utilizando las tablas publicadas por Philips Electrical, Ltd. (1), supongamos que tenemos dos lotes de 10.000 unidades cada uno, con 10 y 0,25 % de fracción defectiva, respectivamente. Se alcanza el mismo grado de seguridad con 5 muestras de 26 unidades del primer lote que con 5 muestras de 290 del segundo.

Una conclusión clara se deduce: que desconociendo totalmente el nivel de fabricación del artículo, hemos de hacer una prueba con muestra muy grande, que puede ser absolutamente innecesaria y antieconómica.

Es evidente que si el fabricante lleva gráficos de control, el procedimiento puede cambiarse y ejecutar un ensayo en la misma forma que el fabricante hace los gráficos para estimar si la muestra procede de la fabricación controlada o existe una causa anómala.

3.4. En las industrias sucede muchas veces que se produce piezas semiterminadas o terminadas que se utilizan en otra fase de la producción; que esta segunda fase las ha de recibir como si procedieran de un vendedor, pues las piezas han de cumplir unas condiciones establecidas.

En este caso, el comprador conoce totalmente el control que realiza el vendedor, y el problema es de carácter económico.

Hay que realizar la prueba de recepción, en forma que en su conjunto, en el año, por ejemplo, sea económico.

Es un caso en que tienen perfecta aplicación las tablas de Dodge y Romig, el trabajo más importante que se ha hecho sobre esta cuestión.

Dodge y Romig se han planteado el problema en la forma siguiente:

Se conoce el nivel de fabricación.

Se ha fijado la fracción defectiva admisible, y el riesgo del comprador.

Se toma una muestra. Si el resultado es satisfactorio, se admite el lote. Si no lo es, se ensayan todas las unidades.

¿Cuál es el número n de unidades de la muestra y el número c_1 de defectuosas en ella para que el número de piezas ensayadas sea mínimo en numerosas recepciones?

Este fué el procedimiento de muestra única que estudiaron primeramente.

Con posterioridad, estudiaron el problema de muestra doble, que consiste:

1. Se examina una muestra de n_1 unidades.
2. Si el número de defectuosas no excede de c_1, se acepta el lote.
3. Si el número de defectuosas excede de c_2, se examinan todas las piezas del lote.

(1) *Quality through Statistics.*—Londres, 1945.

4. Si el número de defectuosas excede de c_1, pero no de c_2, se toma una segunda muestra de n_2.
5. Si el número total de defectuosas en ambas muestras no excede de c_2, se acepta el lote.
6. Si el total de defectuosas en ambas muestras excede de c_2, se examinan todas las del lote.

Han construído tablas con los valores de n_1, n_2, c_1 y c_2 según el tamaño del lote, el nivel de fabricación y el riesgo a correr.

Como en algunos casos, sólo se examinaron n_1 unidades, en otros $n_1 + n_2$ y en otros todas, las tablas están calculadas para que en el conjunto de recepciones, el número de piezas ensayado sea mínimo.

Estas tablas tienen una gran importancia dentro de una fábrica donde unos departamentos reciben productos fabricados en otros y tengan que vigilar la calidad que reciben.

Es el trabajo más importante que se ha hecho sobre esta cuestión, pero no es el único.

Existe también el procedimiento que se le ha denominado «muestreo sucesional.» (1).

3.5 El problema está en pie, y es causa de gran preocupación en todos los medios industriales. En nuestro país, como no se conoce nada acerca del nivel de fabricación de los productores, es sumamente difícil aconsejar sobre su solución.

Hemos querido, sobre todo, llamar la atención sobre las formas de recepción, que demuestran que con gran frecuencia no se sabe lo que se recibe.

El control de calidad por variables, mucho más preciso que por fracción defectiva, contribuye poderosamente a la solución.

Si conocemos los valores de $\overline{X}$ y de σ de la producción del vendedor, aun en el caso más desfavorable de no tener ninguna idea de la forma de la distribución, podemos aplicar la desigualdad de Tchebycheff, y sabemos que la probabilidad de que una unidad dé un resultado $X \pm z\sigma$ siendo $z > 1$ es mayor que

$$1 - \frac{1}{z^2}$$

Si la distribución es aproximadamente normal, se puede utilizar la tabla de la función de Gauss, con la que calculamos esa misma probabilidad. con una aproximación mayor.

Entonces las pruebas de recepción se pueden establecer con arreglo al riesgo que admite el comprador.

3.6. En el folleto ya citado *Las probabilidades y el control de la industria*, se planteaba un problema de este género partiendo del conocimiento de los números estadísticos del fabricante.

Se ha recibido un lote. ¿De cuántas unidades ha de constar la muestra para que la media que se obtenga no difiera de la general en más de 5 % con probabilidad $\frac{499}{500}$? Es decir, riesgo 1/500 de no aceptar el lote si no se cumple aquella condición.

La media de la muestra debe estar comprendido entre

(1) Convendría pensar al mismo tiempo en la denominación de todos los sistemas de recepción.

$\overline{X} - 0{,}05\ \overline{X}$ y $\overline{X} + 0{,}05\ \overline{X}$, con probabilidad $\frac{499}{500} = 0{,}998$, siendo $\overline{X}$ la media del lote. La probabilidad de que sea exterior será 1/500.

Suponiendo que el reparto es normal, si σ es la desviación típica del lote, en la tabla XII, página 367, vemos que para $z = 3{,}1$, la probabilidad de que un valor individual se encuentre entre $\overline{X} - z\,\sigma$ y $\overline{X} + z\,\sigma$ es 0,998. Si tomamos una muestra de n unidades, la desviación típica de la muestra será $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ y tendremos $\frac{499}{500} = 0{,}998$ de que la muestra se encuentre entre $\overline{X} - 3{,}1\,\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ y $\overline{X} + 3{,}1\,\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$, pero como se nos ha pedido esa probabilidad de que se encuentre entre $\overline{X} - 0{,}5\ \overline{X}$ y $\overline{X} + 0{,}05\ \overline{X}$, se debe tener

$$0{,}5\,\overline{X} = 3{,}1\,\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \qquad n = \left(\frac{3{,}1\,\sigma}{0{,}5\,\overline{X}}\right)^2$$

En aquel ejemplo $\overline{X} = 52$ Kg/mm² $\sigma = 2{,}35$.

$$n = \left(\frac{3{,}1 \times 2{,}35}{0{,}05 \times 52}\right)^2 \qquad n = 7{,}8$$

La muestra debe ser de 8 unidades.

Lo mismo se hubiese resuelto utilizando la desigualdad de Tchebycheff o la de Camp-Meidell.

El resultado es tanto más aproximado cuanto mejor es el conocimiento en que se basa, lo que está totalmente de acuerdo con el sentir general.

La gran relación existente entre el control de la calidad y las pruebas de recepción se manifiesta en forma perfectamente clara. Si los fabricantes, *aunque no llevaran gráficas de control*, resumieran sus estadísticas y dieran a conocer sus números representativos, se daría un paso enorme en la eficacia de las pruebas de recepción, que sin apoyarse en estos métodos estadísticos someramente expuestos tienen un valor pequeño, demostrado por el absoluto desconocimiento del riesgo que se corre.

El estudio detallado de las pruebas de recepción sale del marco de este trabajo y estas líneas, destinadas a ese asunto, no tienen más objeto que precisarlo un poco y llamar la atención de los técnicos sobre los peligros de guiarse simplemente de la intuición, prescindiendo del consejo de los números.

APENDICE

TABLAS CON LOS FACTORES PARA EL TRAZADO DE LAS LÍNEAS CENTRAL Y LÍMITES EN LOS GRAFICOS DE CONTROL

A continuación se incluyen todas las tablas de orden general para efectuar el control de la calidad por medio de gráficos, con arreglo a los métodos explicados.

Se incluyen dos clases de tablas: las que emplean el criterio $3\,\sigma$, en los que los coeficientes no tienen subíndice o lo tienen sencillo, y las que se han calculado con criterio numérico de probabilidad, en las que un subíndice decimal indica la probabilidad de que un valor observado caiga por debajo de la línea límite trazada utilizando ese factor.

Por ejemplo, $A_{0{,}025}$ es un factor que da a un valor observado la probabilidad 0,025 de estar en el gráfico por debajo de la línea trazada utilizando el factor $A_{0{,}025}$. Análogamente, todos los demás.

Se han incluído ambos criterios porque al encontrar en libros y manuales uno u otro según el origen y fecha de la obra, el lector que no conociera más que uno de ellos podría creer que existe diferencia de procedimiento, cuando en rigor la diferencia es puramente aparente.

Modo de emplear la tabla 1

Con la tabla 1 se determinan las líneas con arreglo al criterio $3\,\sigma$ en todos los casos que pueden presentarse en la práctica.

Vamos a considerar dos apartados esencialmente diferentes:

1. Se conocen de autoridad $\overline{X}'$ y σ'.

2. No se conocen $\overline{X}'$ y σ' y hay que hacer una estimación de sus valores examinando unas cuantas muestras.

1. Se conocen $\overline{X}'$ y σ'.

Primer caso.—Se trazan gráficos de $\overline{X}$ y σ.

	Línea central	Líneas límites	
Media	$\overline{X}'$	$\overline{X}' \pm A\,\sigma'$	$\left(\overline{X}' \pm 3\,\frac{\sigma'}{\sqrt{n}}\right)$
Desviación típica	$c_2\,\sigma'$	$B_1\,\sigma'$ y $B_2\,\sigma'$	$\left(c_2\,\sigma' \pm 3\,\frac{\sigma'}{\sqrt{2n}}\right)$

La línea central en el gráfico de la desviación típica es, como en todos, el valor que se espera $\overline{\sigma}$ y para muestras de n unidades existe la relación: $\overline{\sigma} = c_2\,\sigma'$.

Segundo caso.—Se trazan gráficos de $\overline{X}$ y R.

	Línea central	Líneas límites
Media	$\overline{X}'$	$\overline{X}' \pm A\,\sigma'$
Rango	$d_2\,\sigma'$	$D_1\,\sigma'$ y $D_2\,\sigma'$

La línea central del rango viene determinada por la relación

$$R = d_2\,\sigma'$$

2. No se conocen $\overline{X}'$ y σ'.

Los valores de la media general y de la desviación típica o el rango se calculan de una serie de muestras.

Primer caso.—Se han calculado $\overline{\overline{X}}$ y $\overline{\sigma}$ y se trazan gráficos de $\overline{X}$ y σ.

	Línea central	Líneas límites	
Media	$\overline{\overline{X}}$	$\overline{\overline{X}} \pm A_1\,\overline{\sigma}$	$\left(\overline{\overline{X}} \pm 3\,\frac{\sigma'}{\sqrt{n}} = \overline{\overline{X}} \pm 3\,\frac{\overline{\sigma}}{c_2\sqrt{n}}\right)$
Desv. típica	$\overline{\sigma}$	$B_3\,\overline{\sigma}$ y $B_4\,\overline{\sigma}$	$\left(\overline{\sigma} \pm 3\,\frac{\sigma'}{\sqrt{2n}} = \sigma \pm 3\,\frac{\sigma}{c_2\sqrt{2n}}\right)$

TABLA I

Número de unidades de la muestra	Gráfico de medias — Factores para las líneas límites			Gráfico de desviaciones típicas — Factor para la línea central	Factores para las líneas límites				Gráfico de rangos — Factor para la línea central	Factores para las líneas límites			
	A	A_1	A_2	c_2	B_1	B_2	B_3	B_4	d_2	D_1	D_2	D_3	D_4
2 ...	2.121	3.759	1.880	0.5642	0	2.064	0	3 658	1.128	0	3.686	0	3 268
3 ...	1.732	2.394	1.023	0.7236	0	1.948	0	2.692	1.693	0	4.358	0	2.574
4 ...	1.500	0.880	0.72[illegible]	0.7979	0	1.859	0	2.330	2.059	0	4.698	0	2.282
5 ...	1.342	1.596	0.577	0.8407	0	1.789	0	2.128	2.326	0	4.918	0	2.114
6 ...	1.225	1.410	0.483	0.8686	0.003	1.735	0.003	1.997	2.534	0	5.078	0	2.004
7 ...	1.134	1.277	0.419	0.8882	0.086	1.690	0.097	1.903	2.704	0.205	5.203	0.076	1.924
8 ...	1.061	1.175	0.373	0.9027	0.153	1.653	0.169	1.831	2.847	0.387	5.307	0.136	1.864
9 ...	1.000	1.094	0.337	0.9139	0.207	1.621	0.227	1.774	2.970	0.546	5.394	0.184	1.816
10 ...	0.949	1.028	0.308	0.9227	0.252	1.594	0.273	1.727	3.078	0.687	5.469	0.223	1.777
11 ...	0.905	0.973	0.285	0.9300	0.290	1.570	0.312	1.688	3.173	0.812	5.534	0.256	1.744
12 ...	0.866	0.925	0.266	0.9359	0.324	1.548	0.346	1.654	3.258	0.925	5.593	0.284	1.717
13 ...	0.832	0.884	0 249	0.9410	0.353	1.529	0.375	1.625	3.336	1.026	5.646	0.308	1.692
14 ...	0.802	0.848	0.235	0.9453	0.378	1.512	0.400	1.599	3 407	1.121	5.693	0.329	1.671
15 ...	0.775	0 817	0.223	0.9490	0.401	1.497	0.423	1.577	3.472	1.207	5.737	0.348	1.652
16 ...	0.750	0.788	0.212	0.9523	0.422	1 483	0.443	1.557	3.532	—	—	—	—
17 ...	0.728	0.762	0.[illegible]03	0.9551	0.441	1.470	0.462	1.539	3.588	—	—	—	—
18 ...	0.707	0.738	0.194	0.9577	0.458	1 458	0.478	1.522	3.640	—	—	—	—
19 ...	0.688	0.717	0.187	0.9599	0.473	1.447	0.493	1.507	3.689	—	—	—	—
20 ...	0.671	0.698	0.180	0.9619	0.488	1.436	0.507	1.493	3.735	—	—	—	—
21 ...	0.655	0.680	0.173	0.9638	0.501	1.427	0.520	1.481	3.778	—	—	—	—
22 ...	0.639	0.662	0.167	0.9655	0 513	1.418	0.531	1.469	3.819	—	—	—	—
23 ...	0.626	0.647	0.162	0.9670	0.525	1.409	0.543	1.457	3.858	—	—	—	—
24 ...	0.612	0.632	0.157	0.9684	0.535	1.401	0.552	1.447	3.895	—	—	—	—
25 ...	0.600	0.619	0.153	0.9697	0.545	1.394	0.562	1.438	3.931	—	—	—	—

$$n > 25 \quad A = A_1 = \frac{3}{\sqrt{n}} \qquad B_1 = B_3 = 1 - \frac{3}{\sqrt{2n}} \qquad B_2 = B_4 = 1 + \frac{3}{\sqrt{2n}}$$

Segundo caso.—Se han determinado de las muestras los valores de $\overline{\overline{X}}$ y $\overline{R}$ y se trazan gráficos de $\overline{X}$ y R.

	Línea central	Líneas límites
Media	$\overline{\overline{X}}$	$\overline{\overline{X}} \pm A_2 \overline{R} \quad \left(\overline{\overline{X}} \pm 3 \frac{\sigma'}{\sqrt{n}} = \overline{\overline{X}} \pm 3 \frac{\overline{R}}{d_2 \sqrt{n}}\right)$
Rango	$\overline{R}$	$D_3 \overline{R}$ y $D_4 \overline{R}$

De las fórmulas puestas entre paréntesis en las líneas límites se deduce:

$$A \sigma' = A_1 \overline{\sigma} = A_2 \overline{R} \quad ,, \quad A = c_2 A_1 = d_2 A_2$$

$$B_1 \sigma = B_3 \overline{\sigma} \;,,\; B_2 \sigma = B_4 \overline{\sigma} \quad B_1 = \frac{B_3}{c_2} \;,,\; B_2 = \frac{B_4}{c_2}$$

Para los valores de n superiores a 25, con frecuencia se toman en la práctica $c_2 = 1$, en cuyo caso:

$$\overline{\sigma} = \sigma' \quad A = A_1 \quad B_1 = B_3 \quad B_2 = B_4$$

y se toman $A = \dfrac{3}{\sqrt{n}} \quad B_1 = 1 - \dfrac{3}{\sqrt{2n}} \quad B_2 = 1 + \dfrac{3}{\sqrt{2n}}$

Valores más precisos se hallarán utilizando los de c_2 de la tabla XI, página 366, y calculando las líneas centrales y límites por las fórmulas indicadas.

TABLA 2

n	$A_{0'001}$	$A_{0'025}$	$B_{0'001}$	$B_{0'025}$	$B_{0'075}$	$B_{0'999}$	c_2
2	2,185	1,386	0,001	0,022	1,585	2,327	0,5642
3	1,784	1,132	0,026	0,130	1,568	2,146	0,7236
4	1,545	0,980	0,078	0,232	1,529	2,017	0,7979
5	1,382	0,876	0,135	0,311	1,493	1,922	0,8407
6	1,262	0,800	0,187	0,373	1,462	1,849	0,8686
7	1,168	0,741	0,233	0,420	1,437	1,791	0,8882
8	1,092	0,693	0,274	0,459	1,415	1,744	0,9027
9	1,030	0,653	0,309	0,492	1,396	1,704	0,9139
10	0,977	0,620	0,339	0,520	1,379	1,670	0,9227
11	0,932	0,591	0,367	0,543	1,365	1,640	0,9300
12	0,892	0,566	0,391	0,564	1,352	1,614	0,9359
13	0,857	0,544	0,413	0,582	1,340	1,591	0,9410
14	0,826	0,524	0,432	0,598	1,329	1,570	0,9453
15	0,798	0,506	0,450	0,613	1,320	1,552	0,9490
16	0,783	0,490	0,467	0,626	1,311	1,535	0,9523
17	0,750	0,475	0,482	0,637	1,303	1,520	0,9551
18	0,728	0,462	0,495	0,648	1,295	1,505	0,9576
19	0,709	0,450	0,508	0,658	1,288	1,492	0,9599
20	0,691	0,438	0,520	0,667	1,282	1,480	0,9619
21	0,674	0,428	0,531	0,676	1,276	1,469	0,9638
22	0,659	0,418	0,541	0,684	1,270	1,458	0,9655
23	0,644	0,409	0,551	0,691	1,265	1,449	0,9670
24	0,681	0,400	0,560	0,698	1,260	1,439	0,9684
25	0,618	0,392	0,569	0,704	1,255	1,431	0,9696
26	0,606	0,384	0,577	0,710	1,250	1,423	0,9708
27	0,595	0,377	0,584	0,716	1,246	1,415	0,9719
28	0,584	0,370	0,592	0,721	1,242	1,408	0,9729
29	0,574	0,364	0,599	0,727	1,238	1,401	0,9739
30	0,564	0,358	0,605	0,731	1,235	1,394	0,9748

Coeficientes A para la determinación de las líneas límites en los gráficos de $\overline{X}$.

Coeficientes B para la determinación de las líneas límites en los gráficos de σ.

Factor c_2 para el trazado de la línea central en el gráfico de σ.

Modo de emplear la tabla 2

Gráficos de la media y de la desviación típica.

Como en la tabla 1, el valor central en el gráfico de la media es $\overline{X}'$ si se conoce de autoridad o $\overline{\overline{X}}$, determinado de un conjunto de muestras.

Las líneas límites son $\overline{X}' \pm A_{0,001}\,\sigma'$ o $\overline{\overline{X}} \pm A_{0,001}\,\sigma'$ si se conoce de autoridad σ'.

En caso de haberse determinado de varias muestras de n unidades, basta poner el valor de

$$\sigma' = \frac{\overline{\sigma}}{c_2}$$

En el gráfico de la desviación típica, si se conoce σ', se utiliza como línea central:

$$\overline{\sigma} = c_2\,\sigma'$$

Y las límites son $B_{0,001}\,\sigma'$ y $B_{0,999}\,\sigma'$.

Si no se conoce σ', y de varias muestras se determina $\overline{\sigma}$, se toma como línea central $\overline{\sigma}$ y como líneas límites las mismas de antes teniendo en cuenta que:

$$\sigma' = \frac{\overline{\sigma}}{c_2}$$

Los factores $A_{0,025}$ $B_{0,025}$ y $B_{0,975}$ se emplean, el primero para fijación de las líneas límites interiores en los gráficos de las medias, en la misma forma que los exteriores, y los otros dos para líneas interiores en los gráficos de la desviación típica.

Para valores de n superiores a 30, tomar:

$$A_{0,001} = \frac{3{,}09}{\sqrt{n}} \quad ,, \quad A_{0,025} = \frac{1{,}96}{\sqrt{n}}$$

$$B_{0,001} = 1 - \frac{3{,}09}{\sqrt{2n}} \quad ,, \quad B_{0,999} = 1 + \frac{3{,}09}{\sqrt{2n}}$$

$$B_{0,025} = 1 - \frac{1.96}{\sqrt{n}} \quad ,, \quad B_{0,975} = 1 + \frac{1{,}96}{\sqrt{n}}$$

Cuando se conocen $\overline{X}'$ y σ' y se trazan gráficos de X y R las líneas central y límites del gráfico de $\overline{X}$ son las anteriores.

Las líneas central y límites del gráfico de R se trazan con los coeficientes de la tabla.

Las líneas límitess son: $D_{0,001}\,\sigma'$ y $D_{0,999}\,\sigma'$.

En la tabla 3 se consignan los valores de D correspondientes a otras probabilidades, porque se emplean $D_{0,025}$ y $D_{0,975}$ cuando se trazan límites interiores.

Los americanos emplean los valores de $D_{0,005}$ y $D_{0,995}$ (1) y por

(1) Tablas de la ASA en su Manuel ZI. 3-1942.

(1) Leslie E. Simón, *Engineer's, S. Manual of Statistical Methods.*

TABLA 3

Gráfico de R

n	d_2	$D_{0,001}$	$D_{0,005}$	$D_{0,025}$	$D_{0,975}$	$D_{0,995}$	$D_{0,999}$
2	1,128	0,00	0,01	0,04	3,17	3,97	4,65
3	1,693	0,06	0,13	0,30	3,68	4,43	5,05
4	2,050	0,20	0,38	0,59	3,98	4,65	5,30
5	2,326	0,37	0,59	0,85	4,20	4,85	5,45
6	2,534	0,54	0,78	1,06	4,36	5,00	5,60
7	2,704	0,69	0,95	1,25	4,49	5,13	5,70
8	2,847	0,83	1,10	1,41	4,61	5,23	5,80
9	2,970	0,96	1,23	1,55	4,70	5,32	5,90
10	3,078	1,08	1,35	1,67	4,79	5,40	5,95
11	3,173	1,20	1,47	1,78	4,86	5,47	6,05
12	3,258	1,30	1,57	1,88	4.92	5,53	6,10

esa causa se han incluído también esos valores en la tabla 3.

En los ejemplos puestos en este Manual, se han empleado $D_{0,005}$ y $D_{0,995}$ juntamente con $A_{0,001}$ cuando se ha empleado el criterio numérico de probabilidad.

Por último, cuando de un cierto número de muestras se calculan $\overline{\overline{X}}$ y $\overline{R}$, los coeficientes se toman de la

TABLA 4

Coeficientes para los gráficos de la media y del rango partiendo de $\overline{\overline{X}}$ y $\overline{R}$ determinado en un cierto número de muestras de n unidades cada una.

Gráfico de la media			Gráfico del rango					
n	$A'_{0,001}$	$A'_{0,025}$	$D'_{0,001}$	$D'_{0,005}$	$D'_{0,025}$	$D'_{0,975}$	$D'_{0,995}$	$D'_{0,999}$
2	1,937	1,229	0,00	0.01	0,04	2,81	3,52	4,12
3	1,054	0,668	0,04	0,08	0,18	2,17	2.62	2,98
4	0,751	0,476	0,10	0,18	0,29	1,93	2,26	2,57
5	0,594	0,377	0,16	0,25	0,37	1,81	2,09	2,34
6	0,498	0,316	0,21	0,31	0,42	1,72	1,97	2,21
7	0,432	0,274	0,26	0,35	0,46	1,66	1,90	2,11
8	0,384	0,244	0,29	0,39	0,50	1,62	1,84	2,04
9	0,347	0,220	0,32	0,41	0,52	1,58	1,79	1,99
10	0,318	0,202	0,35	0,44	0,54	1,56	1,75	1.93
11	0,294	0,186	0,38	0,46	0,56	1,53	1,72	1,91
12	0,274	0,174	0,40	0,48	0,58	1,51	1,70	1,87

Con esta tabla se trazan:

	Línea central	Límites exteriores	Límites interiores
Gráfico de $\overline{X}$	$\overline{\overline{X}}$	$\overline{\overline{X}} + A'_{0,001}\,\overline{R}$	$\overline{\overline{X}} \pm A'_{0,025}\,\overline{R}$
Gráfico de $\overline{R}$	$\overline{R}$	$D'_{0,001}\,\overline{R}$ y $D'_{0,999}\,\overline{R}$ $D'_{0,005}\,\overline{R}$ v $D'_{0,995}\,\overline{R}$	$D'_{0,\,25}\,\overline{R}$ y $D'_{0,975}\,\overline{R}$

OBSERVACIONES

Se han publicado tablas con el criterio 3 σ y tablas con el criterio numérico probabilidad porque el lector no familiarizado con estos métodos estadísticos, al encontrar en los autores uno u otro sistema, puede creer que existe alguna diferencia fundamental entre esos criterios.

El criterio 3 σ parece no prejuzgar la forma de la distribución

y, por tanto, no indica la proporción de individualidades que deben quedar fuera del límite. El criterio $A_{0,001}$, por ejemplo, quiere decir que trazando las líneas límites en $\overline{X} \pm A_{0,001}\,\sigma$ el 1/1.000 deben estar por debajo del límite inferior y 1/1.000 por encima del límite superior. Pero para que así sea, es condición que la distribución sea normal, es decir, que aproximadamente se pueda representar por la curva de GAUSS.

Pero si así es, poniendo los límites $\overline{X} \pm A_9\ 3\ \sigma$ (los de la tabla 1) el 1,3/1.000 debe estar por debajo del límite inferior y el 1,3/1.000 por encima del superior, lo que es prácticamente lo mismo que antes.

Si la distribución no es normal, ni en uno ni en otro caso podemos predecir las proporciones fuera de los límites.

En este caso el coeficiente $A_{0,001}$ y los demás de criterio numérico pierden su sentido, pero no así el $A_3\,\sigma$.

Parece, por tanto, que éste engaña menos, pero no deja de ser una ilusión.

Porque los gráficos de σ y R, se basan en las relaciones:

$$\overline{\sigma} = c_2\,\sigma' \quad \text{y} \quad \overline{R} = d_2\sigma'$$

e incluso los de X puesto que σ y R se utilizan para calcular σ' y las dos relaciones citadas, sobre todo la segunda, no se verifican más que cuando el reparto es normal.

Se deduce, en consecuencia, que para que puedan emplearse con confianza los gráficos de control, es necesario que la distribución pueda considerarse aproximadamente normal.

Pero, como se ha dicho, si así es, es indiferente emplear los coeficientes $A_{0,001}$ y $A_{0,025}$ para límites exteriores e interiores a los $A_9\ \sigma$ y $A_2\ \sigma$.

$A_{0,001}$ equivale a $A_{3,09}\ \sigma$ y $A_{0,025}$ a $A_{1,96}\ \sigma$ (Ver tabla XII.)

Bilbao, abril 1950.

BIBLIOGRAFÍA

(No se incluye la de Estadítica general.)

A. W. SHEWHART, *Economic Control of Quality of Manufactured Product.* D. van Nostrand C.º, Nueva York, 1931.

E. S. PEARSON, *The Application of Statistical Methods to Industrial. Standardisation and Quality Control.* Bhitish Standard Institution, Londres, 1935.

LESLIE E. SIMON, *Engineer's Manual of Statistical Methods.* John Wiley and Sons, Nueva York, 1941 (5.ª edición, 1945).

H. F. DODGE AND H. G. ROMIC, *Sampling Inspection Tables.* John Wiley and Sons, Nueva York, 1944 (3.ª edición, 1946).

EUGENE L. GRANT, *Statistical Quality Control.* Mc Graw Hill, Nueva York, 1946.

H. RISSIK, *Quality Control in Production.* Sir Isaac Pitman and Sons, Londres, 1947.

WILLIAM B. RICE, *Control Charts in Factory Managemant.* John Wiley and Sons, Nueva York, 1947.

STATISTICAL RESEARCH GROUP, COLUMBIA UNIVERSITY, Selected *Techniques of Statistical Analysis.* Mc. Graw Hill. Nueva York, 1947.

Sampling Inspection. Mc Graw Hill, Nueva York, 1948.

JOHN G. RUTHERFORD, *Quality Control in Industry.* Sir Isaac Pitman and Sons, Londres, 1948.

OWEN L. DAVIES, *Statistical Methods in Research and Production. With special reference to the Chemical Industry.* Oliver end Boyd, Londres, 1947 (2.ª edición 1949).

H. A. FREEMAN, *Industrial Statistics.* John Wiley and Sons, Nue-York, 1942 (5.ª edición 1949).

MANUALES Y FOLLETOS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS, *Manual on Presentation of Data.* A. S. T. M. Filadelfia, 1940.

AMERICAN STANDARD ASSOCIATION, *Guide for Quality Control and Control Chart Method of Analyzing Data.* A. S. A., Nueva York, 1941.

AMERICAN STANDARD ASSOCIATION, *Control Chart Method of Controlling Quality During Production.* A. S. A., Nueva York, 1942.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION, *Quality Control Charts.* B. S. I., Londres, 1942.

H. L. C. TIPPETT, *Seis conferencias «Statistical Method in Industry».* British Iron and Steel Federation, 1943.

B. P. DUDDING AND W. J. Jennet. *Quality Control Chart Technique when Manufacturing to a Specification.* The General Electric C.ª Ltd. England, 1944.

W. T. ROGERS, *Practical Application of Statistical Methods in a Quality Control Program.* Trabajo presentado en la American Society for Metals, 1945.

A. S. WHARTON, *Quality through Statistics.* Philips Electrical Ltd., Londres, 1945.

MINISTRY OF SUPPLY, *A First Guide to Quality Control for Engineers.* His Majestys Stationery Office, Londres, 1945.

MINISTRY OF SUPPLY, *Industrial Experimentation.* His Majestys Stationery Office, Londres, 1946.

MINISTRY OF PRODUCTION, *Symposium of Papers on Statistical Quality Control.* Birmingham, 1944.

A. S. T. M., *Discussion on Statistical Control in its Application to Specification Requerements.* Reunión de 1946.

THE BRISTOL AEROPLANE COMPANY, *Quality Control Handbook.*

M. G. WOOLFSON, *Statistical Methods as applied to the Manufacture and Testing of Wire and Cable.* Trabajo presentado en la American Institute of Electrical Engineers. Noviembre, 1947.

A. S. T. M., *Symposium on Usefulness and Limitations of Samples.* Presentado en la reunión de junio, 1948.

A. S. T. M., *The economic Relaționship between Desing and Acceptance Specifications,* por Eugene L. Grant.

A. W. SWAN, *The Work and Organization of a Statistical Departament in Heavy Industry. With particular reference to the Steel Industry, Journal of The Iron and Steel Industry.* Septiembre, 1948.

A continuación, y por su autor, se glosa la siguiente memoria:

N.º 275. - La fotogrametría en la ingeniería

Autor: D. JOSÉ SORIANO VIGUERA
Ingeniero Geógrafo

España ocupó un lugar destacado en los estudios fotogramétricos, contando con un brillantísimo historial, casi centenario, pues apenas inició Laussedat la aplicación topográfica del invento de Daguerre, ya comenzó la investigación hispana en la nueva Ciencia.

Así en 1861, el ilustre matemático General Terrero, Presidente de la Real Academia de Ciencias, publicó un estudio interesantísimo sobre el problema de «La identificación de puntos» en la Fotogrametría de intersecciones. Este tema, años más tarde, recibió otra solución debida al profesor G. Hauck, que se conoce con el nombre de «Teorema de Hauck«. Hacia 1862 ganaba el concurso abierto por el General Terrero sobre el tema «La Fotografía aplicada a la Topografía» el propio Coronel A. Laussedat, inventor del método. Después continuaron los estudios fotogramétricos una pléyade de beneméritos españoles: Cea, Borja, Alarcón, Ugarte, Soriano, Torres Quevedo, etc.

Estas investigaciones eran teórico-prácticas, pues a finales del siglo ya se hacían levantamientos aereofotogramétricos en la Aerostación militar por el Comandante Peralta.

Van rivalizando nuestros Ingenieros en las aplicaciones de la Fotogrametría a los levantamientos topográficos. Citemos los nombres del Comandante Mas y Zaldúa, a primeros de siglo (levantamiento de Rivas, en Gerona), y J. Galbis, Ingeniero Geógrafo, en Otero de Herreros, trabajos respectivamente efectuados en 1902 y 1906 en el Servicio Geográfico Militar y en el Instituto Geográfico. En este Centro, poco después, inició la aplicación de la estereofotogrametría D. José María Torroja al frente de una brigada. Ciertamente es él quien introdujo, en definitiva, el actual método fotogramétrico en España hacia 1914. Ampliados sucesivamente los servicios en los dos Centros Cartográficos nacionales ya mencionados, se empieza la producción de Hojas para el Mapa Nacional y se crean los Servicios Fotogramétricos en sus ramas aérea y terrestre, dotándolos de moderno instrumental.

Nuestra Patria se destacó por su esforzada labor fotogramétrica, figurando en lugar preeminente hasta que llegó nuestra Cruzada Nacional, en 1936.

* * *

Actualmente todos los países ya han superado la fase de estudios e investigaciones sobre el empleo de la Fotogrametría, y de un modo metódico y práctico la utilizan en múltiples aplicaciones de la Ingeniería. Conviene, pues, que España, haciendo honor a su tradición fotogramétrica y para lograr su rápido engrandecimiento tras el colapso de nuestra guerra de Liberación, utilice en gran escala y sistemáticamente el moderno sistema.

Es cierto que se han hecho en esta última década aplicaciones de la Fotogrametría, de las que hablaremos en el transcurso de la Memoria, pero realmente ella no es suficientemente conocida ni está difundido su correcto empleo. Es más: su abusiva utilización, en ciertas ocasiones, ha originado un confusionismo poco propicio al merecido desarrollo.

Pensando en todo ello y deseando contribuir a despertar interés hacia la Fotogrametría, redactamos este trabajo, en el cual vamos sucesivamente examinando las aplicaciones fotogramétrica a las especialidades diversas de la Ingeniería, deteniéndonos al final en un estudio de conjunto para el funcionamiento de un gran Servicio Fotogramétrico estatal que daría óptimos frutos. He aquí esbozada la razón de ser de la Memoria que tenemos el honor de presentar a la benévola atención del II Congreso Nacional de Ingeniería.

ESTUDIOS HIDROELÉCTRICOS.

Para estudiar bien la cubicación de un embalse, el óptimo emplazamiento de presa, su cubicación, las instalaciones auxiliares, túneles, ataguías, vías de accesos, etc., el método más rápido y de mayor seguridad o garantía es el fotogramétrico.

En el quinquenio de 1945 a 1950 se hicieron en España, por el Instituto Geográfico y Catastral, bajo la dirección del Ingeniero autor de esta Memoria, varios levantamientos de precisión, utilizando la fotogrametría en los ríos Sil, Mavia, Genil, Júcar, Segre.

Se empleó la fotogrametría terrestre para los levantamientos a escalas 1 : 5.000, 1 : 2.000, 1 : 500, cimentando bien el trabajo. Para ello se tendió una red trigonométrica de malla estrecha, enlazada con la geodésica nacional; a sus vértices se le daba cota procedente de unas dobles nivelaciones enlazadas a la red nacional de precisión del Instituto Geográfico y Catastral.

Detallemos algunos datos relativos a estos levantamientos, cronológicamente expuestos:

RÍO SIL.

Al borde de la cornisa de este notable río, se dispusieron bases fotogramétricas en una serie concatenada, orientándolas. para lograr un máximo rendimiento. Las bases fueron medidas cuidadosamente, dándose coordenadas rectangulares a sus extramos, así como a todos los vértices de la red trigonométrica de apoyo. La longitud media de los lados era de 800 metros. El número de estos vértices fué 201, ejecutándose hasta 104 bases fotogramétricas. Los errores de cierres oscilaban entre $5'' < \epsilon < 20''$ ($180 \pm c$). Los vértices de la cadena de triángulos se utilizaron a su vez como puntos de apoyo y comprobación en el desarrollo fotogramétrico. Para facilitar su identificación en los fotogramas y que asimismo pudiera garantizarse la enfilación correcta con el teodolito al triungular, se dispusieron verticalmente, sobre cada uno de los vértices, grabados en roca, jalones que venían a materializar la altura geométrica de unas pirámides triangulares de 1,50 ms. y cuya caras —de tablas pintadas de blanco— proporcionaban excelente visibilidad. Las dobles nivelaciones por alturas tenían impuesto como cierre altimétrico $e < 10 \sqrt{k}$ mm.

En el plano 1 : 5.000 se dibujaron las curvas de nivel de cinco en cinco metros, utilizándose para cubicación del embalse. En cambio, el plano E, 1. : 2.000 (de extensión de 200 Has.), sirvió para los sondeos, estudios de caminos de acceso, etc. Finalmente se elaboró un Mapa escala 1 : 1.000, ascendiendo a nueve el número de hojas dibujadas (recuadro 0,85 × 0,60). Las curvas de nivel del plano 1 : 500 tenían una equidistancia de medio metro.

Personal técnico: un Ingeniero, cinto Topógrafos y numeroso personal auxiliar. El trabajo de campo fué hecho en tres meses, y el de gabinete en unos cinco. El desarrollo estereográfico se hizo en el Estereoplanígrafo Zeiss, del Instituto Geográfico y Catastral, invirtiéndose *1.100 horas de trabajo*, cronometrando así el conjunto de las diversas fases del mismo: ajuste, observación y trazado de curvas de nivel. El total del tiempo invertido hasta la entrega completa fué de 260 días.

La superficie levantada en escala 1 : 5.000 ascendió a 12.450 hectáreas. Siendo la longitud del perfil fotogramétrico en los ríos Sil y afluentes 129 kilómetros. El precio total del levantamiento, englobando los gastos de toda índole, fué de 293.460 pesetas. En este costo quedaba excluído el valor de las nueve Hojas en escala 1 : 1.000, el tela 1 : 2.000 y el parcelario (1 Hoja) 1 : 500.

Realmente, por sus circunstancias y el tiempo invertido, este trabajo de precisión lo creemos interesante, dada la naturaleza de aquellos abruptos parajes del cañón del río Sil, desde San Esteban a Rairos, estimando que la ventaja a favor del método fotogramétrico fué grande por su ahorro en tiempo y dinero, siendo la relación aproximada dos a uno.

SALTOS DEL NAVIA.

En 1946 las Empresas Hidroeléctricas de «Viesgo» y «Cantábrico», desearon un fotogramétrico para decidir sobre la presa denominada de «Salime», en una zona de 200 Has., estudiándose el emplazamiento de la gran Presa —cuya foto del anteproyecto acompaña a esta Memoria (I)—, así como las ataguías, caminos de servicio, túnel, etc. En este trabajo típico para escala 1 : 2.000 el número de vértices empleado fué de veintinueve principales y veinte secundarios, habiéndoseles dado cota de doble nivelación a todos.

Impuesta la condición de rapidez, no hubo tiempo de enlazar con la Red Geodésica, pero se cubrió el objetivo efectuando el trabajo de campo en una semana, pudiéndose entregar —providencialmente— las dos Hojas escala 1 : 1.000 y el tela de conjunto 1 : 2.000 a los 40 días de iniciado este estudio, encomendado por el Profesor señor Becerril, de la Escuela de Caminos.

El personal estuvo integrado por 1 Ingeniero, 2 Topógrafos y varios auxiliares y delineantes.

Un año más tarde solicitaron de la Dirección General del Instituto Geográfico y Catastral el levantamiento del embalse E. 1 : 5.000, para cubicación del pantano de Salime, y, además, el parcelario (II).

PRESA DE CAMORRA.

Así como lo trabajos ya reseñados tienen su especial interés, resumamos los datos de un levantamiento de 300 Has. realizado a petición de la Jefatura de Sondeos del M. O. P., en el río Genil, para el estudio de la presa correspondiente al Pantano de Iznajar (3).

Allí se comenzó por proyectar y observar una red de «1.er orden» que enlazaban los vértices geodésicos «Cuevas de San Marcos», «Isla» y «Cuevas Altas» (1.er orden), con los fundamentales fotogramétrico. Se tendieron luego dos redes de 2.º y 3.er orden», hasta llegar a los extremos de una base topográfica horizontal de 200 ms., medida escrupulosamente en las orillas del Genil, alcanzándose comprobaciones muy interesantes. En las citadas redes el total de puntos de apoyo fundamentales ascendió a 59, haciéndose la triangulación con un excelente Wild, obteniéndose cierres con errores inferiores a 20". El número de bases fotogramétricas ascendió a 17, habiéndose empleado diversas alturas de objetivo y ejes ópticos desviados $\pm 35^c$ respecto a la perpendicular a la base fotogramétrica.

La labor de campo, hecha en unos 15 días fué lenta, por realizarse en los meses de noviembre y diciembre. Las dobles nivelaciones por alturas, unidas a las del Instituto Geográfico y


C^a en construcción
Caseta del 2º P. inclinado
R. Navia
Transformación
C^a de acceso.

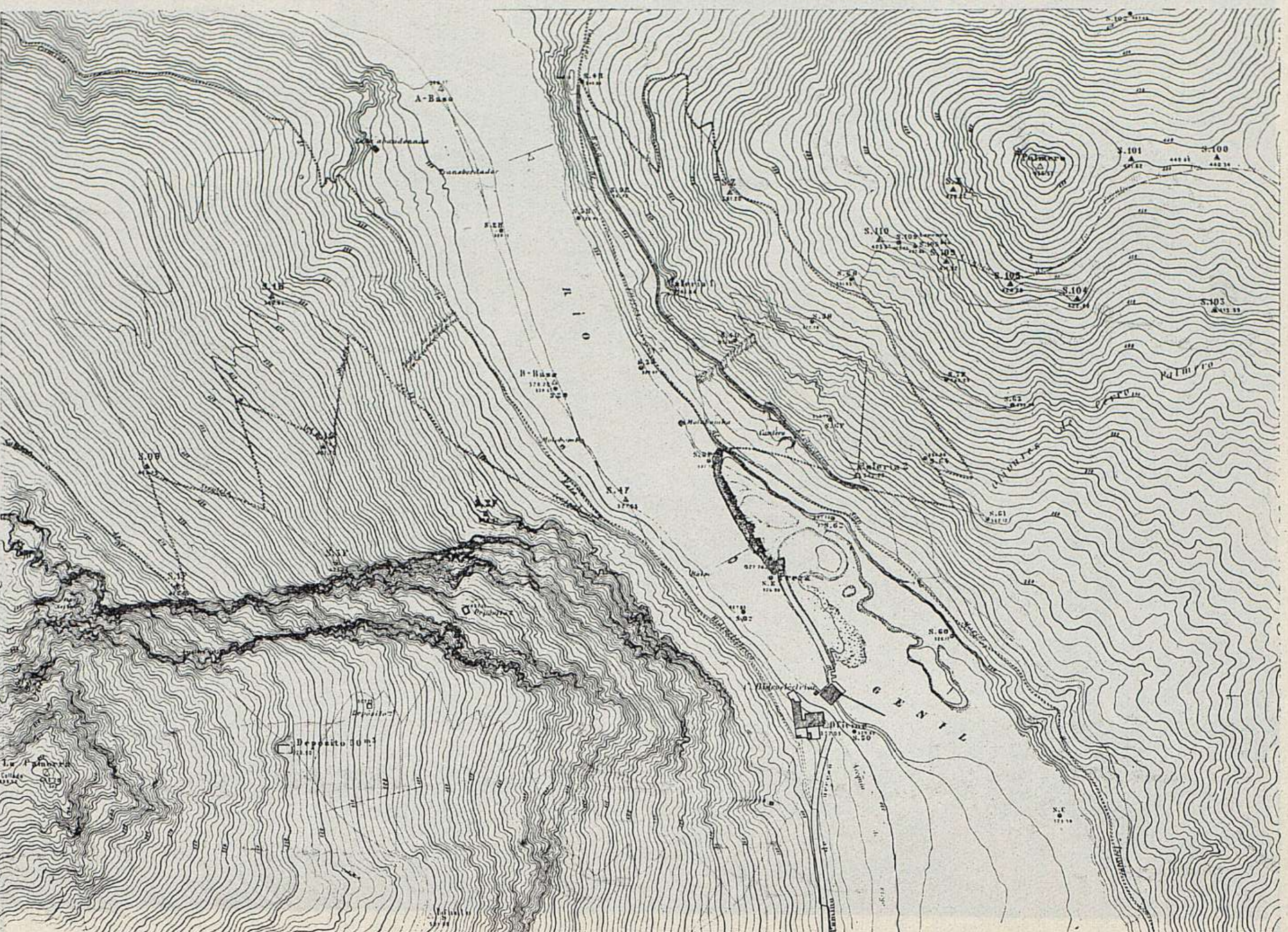
I

SALTOS DEL NAVIA EN COMVNIDAD



II

-PRESA DE LA CAMORRA-



III

Catastral, permitieron tener altitudes fidedignas donde apoyar el plano fotogramétrico. Las comprobaciones se hicieron bajo la personal inspección del Ingeniero de Caminos encargado de la obra y afecto a la Jefatura de Sondeos. El desarrollo duró en el Estereoplanígrafo Zeiss 4 semanas, siendo el personal, como siempre, muy reducido.

Con este trabajo se ha iniciado una modalidad en boga en Suiza —Politécnica de Zurich, Profesor Hans Boesch—, sobre morfología, línea de contacto, etc., estudios previos a los informes geológicos como los emitidos por la Jefatura de Sondeos. Sobre el método es prematuro que aquí lleguemos a conclusiones, limitándonos a señalar su importancia científica y el porvenir reservado a estas investigaciones hoy en suspenso.

Las características técnicas y rendimientos relativos a los fotogramétricos obtenidos en los demás ríos citados en la lista, son análogos a los ya examinados, y para abreviar, nos limitamos a presentar fotografías de los planos dibujados y algunos de los fotogramas originales. Su contemplación da una idea de la labor llevada a cabo, idea que puede confirmarse en cada caso y con toda suerte de detalles mediante el informe que los resume y que posee cada una de las Entidades interesadas (IV).

ESTUDIO DE NUEVAS VÍAS DE COMUNICACIÓN.

Para el estudio de nuevos trazados de ferrocarriles o carreteras, es evidente la importancia del empleo de la fotogrametría, sobre todo si dispusiéramos —como se propugna en esta Memoria, de un amplio archivo fotográfico o «Fototeca Nacional» de donde el servicio Fotogramétrico pudiera extraer los fotogramas que interesan a las Jefaturas de FF. CC. o de Obras Públicas para sus especiales estudios en zonas determinadas.

Obteniéndose en gabinete, mediante los aparatos de doble proyección, la «maqueta óptica» del terreno a la escala que se desee, ello nos permitiría, dentro de ciertos límites, facilitar grandemente tales estudios, abandonándose el sistema de la restringida faja taquimétrica de la cual el ingeniero proyectista siempre suele solicitar ampliaciones, lo que redunda en lentitud y carestía del método clásico. Esto compensa el mayor desembolso inicial que la Fotogrametría exige.

Los planes de las Confederaciones para puesta en riego, aprovechamientos hidroeléctricos, etc., en unión de los relativos a los estudios propios del Ingeniero de Caminos para la construcción de nuevas vías, debiera relacionarse con los fotogramétricos de tipo nacional, lo que redundaría en las subsiguientes ventajas.

ESTUDIO DE OLEAJE EN PUERTOS.

La Fotogrametría puede ser un valiosísimo auxiliar en los estudios sobre la propagación de las olas a profundidades variables. Notabilísimas son las investigaciones y resultados prácticos obtenidos de las mismas por los Ingenieros de Caminos Sres. Iribarren y Casto Nogales, basadas en la teoría trocoidal.

La aportación fotogramétrica puede ser la de obtener simultáneamente parejas de fotogramas, desde los dos extremos de bases fotogramétricas dominantes y relacionadas según adecuada paralaje.

Si se ligan eléctricamente las dos cámaras y se adopta una frecuencia conveniente para los disparos fotográficos, se podría llegar posteriormente en gabinete a la obtención de tantos planos altimétricos de la superficie del mar agitada como convenga y según la frecuencia prefijada. Los mapas dibujados en los modernos papeles transparentes e indeformables darían una sugestiva idea de los problemas que se estudian y, desde luego, un medio científico valioso para comprobar o perfeccionar teorías.

Los estudios esbozados, solamente para unirlos con los de Lacmann y O. Gruber, esperan que las circunstancias económicas consientan su desarrollo y aplicación práctica con los modernos aparatos.

ESTUDIOS DE CATASTRO Y FORESTALES

La fotografía aérea, bien aplicada, permite obtener los llamados «Fotoplanos» modernamente utilizados para la formación del Catastro Parcelario, cuestión que interesa extraordinariamente al Ingeniero Agrónomo para valorar la riqueza rústica nacional. Además, el método tiene la característica de la rapidez que el Ministerio de Hacienda lógicamente necesita.

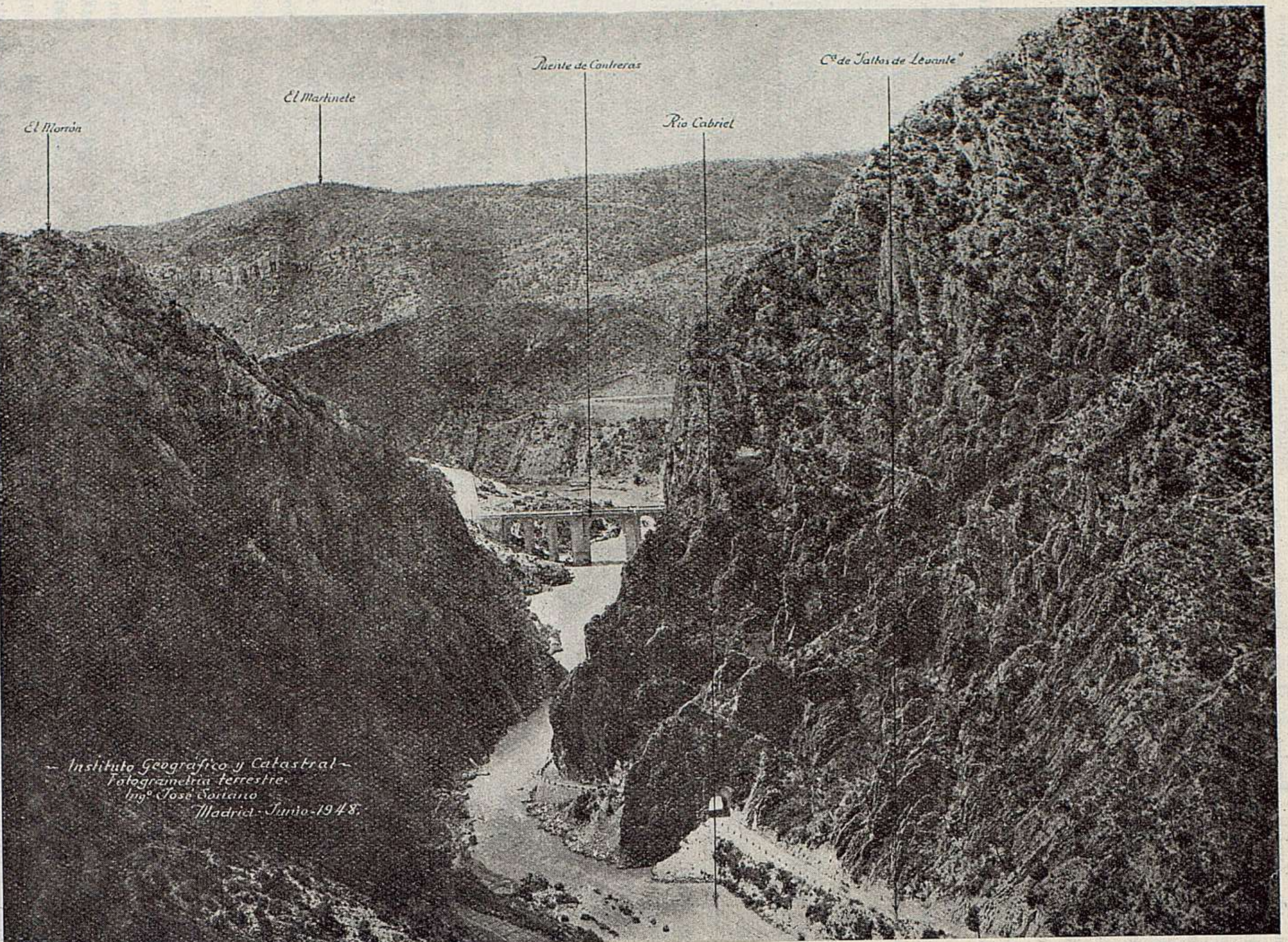
Es problema resuelto, hace muchos años, el de la transformación perspectiva de las figuras geométricas que aparecen en las fotografías aéreas de plano inclinado en sus correspondientes de plano horizontal y a una escala fija preestablecida. Esta cuestión recibió prácticamente solución en los llamados «aparatos transformadores óptico-mecánicos» y, por tanto, en esta Memoria estudiaremos tan sólo el apasionante tema de los rendimientos.

Los proyectos de vuelo, con fines catastrales, deben formar parte de un conjunto orgánico; esto es: deben proceder del Organismo, creador de la «Fototeca nacional». Así podrían explotarse los documentos fotográficos con finalidades muy varias, con las evidentes ventajas de orden económico.

La práctica aconseja —y quedará demostrado en el curso de esta Memoria— como escala original de las fotografías aéreas la comprendida entre los límites 1 : 11.000 a 1 : 14.000. Tendrán todas un recubrimiento longitudinal del 60 por 100, y en tales condiciones, y con esa escala, ofrecen una gran flexibilidad en su empleo, lográndose, además, a bajo costo su obtención. Así pueden utilizarse para obtener «mapa» en la zona estereoscópica, por fotogrametría propiamente dicha, y hacer posible además en tal zona la aéreotriangulación.

Las alturas de vuelo elegidas serán función de la escala adoptada para los fotogramas originales y de la distancia focal de las cámaras aéreas. La corrientemente usada en el Instituto Geográfico es de $F = 21$ cm. formato 18×18 cm^2; con ella, y volando a una altura relativa entre 2.100 metros y 3.000 metros, las fotografías salen a escalas 1 : 10.000 y 1 : 14.300. Fijándonos en la escala media, de 12.000 obtendríamos una superficie útil y nueva por cada fotograma de 130 Has., cifra ésta que llega a ser, respectivamente, de 90 y 200 Has. en los casos límites de vuelos a 2.100 y 3.000 m.

Claramente se ve la importancia de tener fotos a una escala media de 1 : 12.000, que sólo exige, con la focal antes dicha, una altura de 2.500 metros. La influencia del velo atmosférico


El Morrón
El Martinete
Puente de Contreras
Río Cabriel
Cª de Saltos de Levante"
— Instituto Geográfico y Catastral —
Fotogrametría terrestre.
Ingº José Soriano
Madrid - Junio - 1948.

IV

volando así no tiene importancia, sobre todo si se usan los filtros luminosos adecuados y las modernas emulsiones. Con éstas se ha conseguido en placas sensibilizadas a la banda infrarroja unas magníficas «telefotografías» a centenares de kilómetros.

La altura preconizada tiene además otra gran ventaja, ya que los errores, debidos a la existencia de puntos elevados en la zona fotografiada, son inversamente proporcionales a la altura del avión sobre el terreno y la de 2.500 es una altura suficiente a estos efectos, moviéndonos dentro de juiciosos límites.

Respecto al recubrimiento transversal de los fotogramas suele fijársele en el 30 por 100; este recubrimiento teórico coincide con el práctico precisamente a partir de la escala aproximada de 1 : 12.000. En efecto, el recubrimiento lateral de los fotogramas si se quiere garantizarlo en dos centímetros, mínimo indispensable, y se tiene en cuenta el prisma de indeterminación de vuelo en el espacio (± 75 ms. en altura y ± 200 ms. lateralmente) resulta para la escala 12.000 un recubrimiento del 31 por 100 aplicando la fórmula. $R_q = \frac{2 + (100\ A : E)}{l_q}$ (Siendo E el denominador de la escala; A = distancia doble de la horizontal existente entre las proyectantes cónicas homólogas correspondientes a cada posición teórica y las extremas; l_q = longitud del fotograma en dirección normal al vuelo).

En el caso límite, de escala 1 : 11.000, el recubrimiento transversal habría de ser un 35 %. Como se ve, prácticamente a partir de la escala media de 12.000 se puede garantizar que no habrá calvas fotográficas fusiformes entre bandas contiguas de vuelo, si sólo prefijamos un recubrimiento del 30 %.

Con fotogramas a las escalas citadas como óptimas, pueden obtenerse perfectamente fotoplanos catastrales a escala 1 : 5.000 en los transformadores Leiss, como los que posee el Instituto Geográfico, ya que sólo necesitaríamos una ampliación de 2,4 empleando el objetivo de focal f = 14 cm. (con él se logra en el Zeiss hasta la ampliación de cuatro veces). Con fotogramas de formato 18 × 24 y E. 1 : 14.000 podrían transformarse fotos a 1 : 5.000 utilizando el objetivo f = 18 cm., cuyo límite de ampliación es de 2,9 veces.

Creemos suficientemente reiteradas las ventajas de los límites propugnados para escala original del fotograma. Pasemos ya a una cuestión interesante.

Puntos de apoyo.

La transformación perspectiva de un fotograma precisa el conocimiento de la posición de cuatro puntos regularmente espaciados, claramente identificados en las fotografías y próximos al perímetro de la misma. Ello es consecuencia de las ecuaciones analíticas de ligadura de las coordenadas de pares de puntos homólogos de dos figuras proyectivas, que son además perspectivas, siendo el eje perspectivo la recta intersección del plano de dibujo o proyección y el del fotograma. Son necesarios cuatro puntos por establecer dos ecuaciones cada pareja y existir ocho parámetros.

Dibujados que sean los cuatro puntos necesarios para la transformación, y conseguida la coincidencia sobre ellos de las proyecciones luminosas de éstos cuyas imágenes aparecerán en la fotografía, puede afirmarse que todos los puntos del fotograma estarán correctamente proyectados sobre el tablero de dibujo. El número de condiciones independientes para la determinación del cuadrilátero es de cinco, que son precisamente los movimientos o grados de libertad del aparato transformador.

Un operador especializado puede hacer la transformación en unos diez minutos, moviendo los dos pedales y los mandos a mano del transformador, manteniéndose de un modo automático la ecuación de distancias conjugadas y la coincidencia de los ejes de giro y perspectivo (Scheimpflug).

En resumen: añadiendo al tiempo ya dicho las demás manipulaciones secundarias, pero precisas, puede afirmarse que un operador transforma *20* fotografías diarias durante seis horas de trabajo efectivo con dos de descanso. Organizando dos turnos para cada aparato transformador, éste puede rendir cuarenta fotos transformadas, lo que supone 1.000 mensuales en 25 días útiles de trabajo. La producción media anual sería 10.000 por aparato y año; si hacemos una reducción del 20 % por imprevistos y como coeficiente de seguridad. El equipo transformador por apto puede estar integrado por cuatro operadores entre técnicos y auxiliares. Si se recuerda la cifra de Has. útiles en cada fotograma (entre los límites de escalas ya previstos) se llegaría a un rendimiento superficial magnífico. El empleo a fondo de los *cuatro* transformadores ópticomecánicos del Instituto Geográfico y Catastral, permitiría un auxilio eficiente a la formación rápida del Catastro Parcelario. Ello exige una vasta organización para dar coordenadas a los puntos de apoyo, problema éste aliviado si se emplearan las aereotriangulaciones con los trianguladores radiales, fijando en el terreno puntos de apoyo directos, tan sólo cada seis fotogramas.

EVALUACIÓN DE LOS MÓDULOS

Los trabajos terrestres de fijación de puntos de apoyo pueden tener como módulo 2.500 metros de itinerario para enlazar los puntos elegidos. La determinación de éstos, con escrupulosos perfiles —de ejes no superiores a 100 metros—, permitiría un rendimiento y una exactitud adecuada, si se refieren a una triangulación topográfica. En el Instituto Geográfico y Catastral se ha trabajado ampliamente y ensayado los sistemas oportunos antes y después de nuestra guerra de liberación, estudiándose los módulos de rendimiento en trabajos «fotográficos-catastrales». Entresacamos de las estadísticas las cifras de rendimiento modular de 35,25 Hecp. y 35,40 Hecp., respectivamente, datos tomados de un informe del Consejo Geográfico de marzo de 1949.

Estos rendimientos vienen expresados en la unidad «hectárea-parcela». Si en un sistema cartesiano rectangular tomamos como abscisas las hectáreas cubiertas por cada módulo y en ordenadas los respectivos grados de parcelación, se obtienen unas curvas instructivas si se opera con grandes masas estadísticas. Haciéndolo esto con los datos de producción del Instituto Geográfico y Catastral del 1927 al 1934 resulta como rendimiento medio por módulo completo de trabajo (campo y gabinete), la cifra de 13,74 Hecp. Si se hace lo propio con datos del trienio central, correspondiente a los últimos diez años, la cifra es de 12,40 Hecp.

Comparando esta última cifra con los rendimientos (expresados en la misma unidad, «hectárea-parcela») por fotogrametría antes citados, podríamos en definitiva llegar a la conclusión de

que el contenido del módulo «parcelario-fotográfico» es, redondeando, *dos veces y media mayor* que el «parcelario-topográfico». La consecuencia es evidente, tanto más cuanto que si se pone en marcha un combinado plan de aéreotriangulación pueden disminuirse los esfuerzos en campo y llegar a la relación 3 : 1.

Es cierto que si se tratara ahora de organizar un servicio comprando los aparatos necesarios —hoy tan caros— la economía no seguiría la misma ley ventajosa teóricamente obtenida, pero gracias a Dios se disponen en el Instituto Geográfico y Catastral de cuatro transformadores y también de triangulador radial.

Resumiendo: debe emplearse a fondo el método aéreofotográfico para la obtención de «fotoplanos», dotándose debidamente a los equipos o brigadas que utilizarían los aparatos de gabinete descritos y en campo los necesarios para la armónica marcha del servicio, organizándose todo dentro de un plan fotogramétrico general, lográndose ahorro de esfuerzos, tiempo y dinero.

Deliberadamente hemos rehusado hablar del empleo del «mosaico fotográfico» o conjunto de fotografías a escala aproximadamente igual y acopladas arbitrariamente. Con gravísimo perjuicio del sistema racional de la transformación óptico-mecánica, hay quien llama «fotogrametría» a la obtención de tales «mosaicos». No vale la pena argumentar contra este confusionismo, pero sí abogamos por el respeto a la ley de 6 de agosto de 1932, que confiere al Instituto Geográfico y Catastral las facultades inherentes a la buena aplicación técnica de la aéreofotogrametría. Solamente como dato curioso vamos a citar éste: reuniendo datos estadísticos se ha llegado a determinar la fórmula que liga los gastos «G_m» relativos a la confección de un mosaico y los correspondientes «G_f» de un fotoplano.

$$G_m = k \cdot G_f$$

Para las dos escalas muy corrientes, 1 : 10.000 y 1 : 5.000, se obtienen, respectivamente, como valores K = 0,6 y K = 0,8. No tiene, pues, explicación lógica el empleo de mosaicos.

MAPA TOPOGRÁFICO-CATASTRAL ESCALA 1 : 2.000.

Las fotografías transformadas suministran un fotoplano del terreno planimétricamente exacto si éste es llano. Sus ondulaciones dan lugar a errores, por corrimiento de la imagen de los puntos elevados, consecuencia de ser la fotografía una proyección crónica del mismo. El error es máximo en los bordes de la placa, mínimo en la región central y nulo en su nadir. Se han llegado a establecer unas tolerancias de desniveles respecto del plano medio de comparación, fijando el límite de aplicación del sistema de fotoplanos. Según es bien conocido, el error es inversamente proporcional a la distancia focal de la cámara empleada y a la cota relativa del vuelo.

Cuando se trata de un parcelario a escala 1 : 2.000 en terrenos de cierta ondulación, o, en general, si queremos resolver científicamente el problema, hay que ir decididamente a la confección del mapa o plano altimétrico de la región. Esto es, dibujando además de la isohipsas el parcelario correspondiente. Evidentemente, ello es caro, pero resulta en definitiva remunerador si se organiza debidamente con una visión global del problema, utilizándose posteriormente todos los trabajos para la confección de cartas a menor escala. Así se hace en Italia, país de relevante tradición catastral y donde hemos tenido ocasión de ver los trabajos que están en curso de ejecución en la provincia de Viterbo, con un total de 350.000 Has.

Empleando los aparatos estereofotogramétricos de precisión se va obteniendo el plano con sus curvas de nivel y un parcelario completo, que puede ser dibujado en minuta aparte de la hoja de curvas y que se archivará conjuntamente con aquélla.

La cota relativa de los vuelos aéreofotogramétricos será 2.000 metros como máximo. Se comprobará diariamente los recubrimientos longitudinal y transversal de las placas impresionadas; todo ello exige organización adecuada en este trabajo a gran escala. La triangulación de los puntos de apoyo tendrá las características adecuadas a ésta de 1 : 2.000, y su densidad, la debida para garantizar la existencia, de cinco puntos conocidos por pareja de placas.

Durante la confección de las hojas pueden repetirse como comprobación algunas curvas de nivel en papel transparente, examinando las discrepancias d con las curvas comprobadas según fórmulas experimentales. En el Catastro italiano, en su Revista técnica III-1940, se dan las tablas construídas según la fórmula

$$d = L \frac{2.64}{e} \sqrt{0,5 + 1.2 \text{ tang. }^2\alpha}$$

siendo e el valor de la equidistancia de las curvas de nivel, L = distancia planimétrica media en el punto considerado, entre la curva reiterada y la más próxima; α = inclinación media del terreno entre la curva en estudio y las dos contiguas.

La comprobación final en las hojas terminadas consiste en el estudio de un conjunto de secciones del terreno apoyadas en los vértices de triangulación y obtenidas por poligonales taquimétricas de mira horizontal. Estas secciones son comparadas con las deducidas del fotogramétrico que se examina y unas tablas de tolerancias permiten dictaminar sobre la bondad del trabajo. Las fórmulas pueden ser las corrientes en Topografía clásica para escala 1 : 2.000, o bien alguna de carácter experimental, como las de Tribulato usada en el Catastro italiano.

Esta fórmula es para los errores de planimetría $\epsilon = 0,05 \sqrt{k}$ en altimetría $\epsilon' = 0,03 \; (0,3 + 0,5 \; \text{Tag. } \alpha) \sqrt{k} + 0,001. \; k. \; \text{Tag. } \alpha + 0,2$, siendo k = longitud en metros del perfil comprobatorio y Tag. α = suma aritmética de todos los desniveles dividida por dicha longitud (Tag. $\alpha = \frac{\Sigma \Delta h}{k}$).

APLICACIONES FORESTALES

En primer lugar, desde el punto de vista topográfico, el plano fotogramétrico le proporciona al Ingeniero de Montes la posibilidad de estudiar la morfología de una zona de bosque impracticable para los métodos clásicos topográficos. Sólo así podrá hacer la división, trazado de la red de calles, estudios de caminos forestales, etc. Es más: la simple contemplación de estereogramas puede simplificarle sus exploraciones. Además, con levantamientos debidamente escalonados en el transcurso de los años, se pueden estudiar los ritmos de crecimiento de las diversas especies forestales y la influencia en la masa forestal experimentada de

los diversos sistemas de corta y aclaramiento. La técnica moderna forestal encuentra así un valiosísimo auxiliar en la fotogrametría, ya que le permite estudiar exacta y cómodamente los diámetros, alturas, densidades, etc.

El método a utilizar puede ser terrestre o aéreo, aun cuando el primero tiene menores posibilidades que el segundo. Este también tiene sus dificultades cuando la masa en estudio es de un grado muy elevado, ya que en el levantamiento es preciso que aparezca un mismo punto del terreno en cada pareja estereoscópica, y esto sucede cuando la relación entre base estereoscópica y altura relativa de vuelo es de 1 : 10 a 1 : 15. Ello supone que a unos 1.000 metros sobre el suelo (cifra muy conveniente para los fines forestales) las bases estereoscópicas tendrían que ser muy cortas, siendo, pues, el intervalo entre cada dos disparos fotográficos consecutivos de pocos segundos. Con cámara de foco 21 cm. y recubrimiento del 60 %, la base estereoscópica es unas cuatro veces mayor, lo que acarrea dificultades y se refleja inmediatamente en no aparecer la misma porción de terreno en la pareja estereoscópica.

Podría ensayarse en estudios forestales la creación de bases fotogramétricas terrestres fijas, situadas frente a los cuarteles en estudio e impresionándose las parejas estereoscópicas en los extremos de aquellas bases dejando transcurrir determinado número de años. Una bien escogida red de bases, en puntos dominantes con paralaje adecuada y un suficiente número de puntos fijos de comprobación creemos permitiría unos buenos resultados.

Antigua es ya la aplicación fotogramétrica a los estudios forestales. En Europa merecen destacarse la labor del ilustre R. Hugershoff, profesor que fué de Politécnica de Dresde. Multitud de trabajos se han hecho, comercialmente orientados, en países coloniales. Citemos, por último, que poco antes de la guerra mundial (Congreso de Roma 1938) se ha destacado Norteamérica con los trabajos practicados por su Servicio Forestal.

Como conclusión estimamos de interés extraordinario que el Estado patrocine la aplicación fotogramétrica a las investigaciones forestales, llenándose la laguna aquí existente.

EXPLOTACIONES MINERAS E INDUSTRIALES

La fotogrametría suministra planos escala 1 : 5.000 con toda precisión y permite al Ingeniero de Minas la explotación de una cuenca minera, tanto para estudiar los trazados de diversas vías, instalar los planos inclinados, transbordadores, etc., como para situar debidamente las boca-mina. En Villablino, y a la escala 1 : 5.000, se ha hecho una buena aplicación del sistema.

Las grandes riquezas mineras de nuestros macizos montañosos Picos de Europa, Pirineos, etc., también podrían tener un estudio apropiado si se dispusiera de la cartografía moderna; precisamente de esas zonas es fácil obtenerla por fotogrametría.

Hablando en términos generales, las grandes reservas industriales, hidroeléctricas, etc., de las zonas montañosas, difícilmente practicables, están aún sin explotar. Esto es una cuestión fácilmente comprobable para quienes, por deberes profesionales o aficiones montañeras, han tenido que recorrer los agrestes rincones de nuestra Patria. Citemos tan solo, además de los Picos de Europa, la bellísima zona Pirinaica, con sus lagos y divisorias del Garona, Noguera Pallaresa y Ribagorzana. Muy grande es la lista, pero mayor aún es la grandiosidad de aquellas zonas industrialmente inexplotadas y que lo serían con gran facilidad haciendo los previos levantamientos fotogramétricos a escalas 1 : 10.000 ó 1 : 5.000.

Por ello, y para entrar ya decididamente en la última parte de nuestra Memoria «Cartografía moderna», tratemos de la posible organización para lograr mapas fotogramétricos a gran escala.

CARTOGRAFÍA MODERNA.—MAPAS FOTOGRAMÉTRICOS

En el Instituto Geográfico y Catastral, después de los trabajos iniciados por la brigada única de fotogrametría terrestre, dirigida por D. José María Torroja, organizó éste un servicio Fotogramétrico en 1928, trabajándose en el Pirineo, Sierra Segundera y Picos de Europa. Hacia 1933 se creó en el Instituto el servicio de Fotogrametría Aérea, ampliándose hasta 6 el total de brigadas fotogramétricas. Los equipos de campo que se utilizan son «Zeiss y Wild». En gabinete se disponen de tres «Multiplex», un «Estereoplanígrafo» y un «Cartógrafo Ordovás». En el gráfico anual de produción superficial, de un equipo fotogramétrico se observando el aumento obtenido después de la Cruzada y paralelamente la disminución del porcentaje de calvas fotogramétricas. El rendimiento superficial medio desde 1940 al 1944 ascendió a 40.000 Has. anuales. Las lagunas o calvas fotogramétricas descendieron hasta un 2 %. En el año 1943 el porcentaje de calvas bajó aún más hasta ser ligeramente inferior al 1 % de la superficie total levantada en Cercedilla. Si gráficamente se estudiasen las curvas del rendimiento superficial por base fotogramétrica, así como el costo de los trabajos complementarios antes y después de la guerra de liberación, observaríamos que se llega a un rendimiento medio de 600 Has. por base, pequeño ciertamente, pero en consonancia con el porcentaje reducido de calvas fotogramétricas y precisamente en relación con esta particularidad el costo de los trabajos complementarios disminuye notabilísimamente casi a la mitad, respecto a los correspondientes gastos antes de la guerra de liberación, siendo las cifras 0,25 a 0,48, respectivamente. La intervención fotogramétrica en la publicación de nuestra Carta Nacional ha sido decisiva.

En el Instituto se han hecho asimismo levantamientos fotogramétricos a escalas 1 : 10.000 y 1 : 5.000. De los primeros mostramos como ejemplo el de la zona levantada en el macizo central pirinaico «Estanques Negros» (Hoja 181), desarrollada en el Cartógrafo Ordovás.

Actualmente es imprescindible la posesión de Mapas a las escalas mayores de la corriente 1 : 25.000 —publicada en un 1 : 50.000—; para lograr este objetivo en un plazo no demasiado largo, debe intervenir la fotogrametría vertebrando en su empleo todo un plan para conseguir la nueva Carta Nacional.

En España no puede estar empleada la fotogrametría en las pequeñas proporciones actuales; por ello, y como fruto de la personal labor fotogramétrica de varios lustros, nos permitimos exponer una posible solución al problema, estudiándolo según permite el carácter de generalidad que tiene esta Memoria.

FOTOTECA NACIONAL.

Creemos indispensable el inmediato estudio de la formación de una fototeca topográfica nacional. España debiera contar, como otras naciones, de un archivo de fotogramas aéreos y terrestres. Un Servicio Fotogramétrico proyectaría los vuelos fotográficos en la Península, dentro de un plan de conjunto, escalonando los mismos y escogiendo las cámaras fotográficas, alturas de vuelo, distancias focales, etc., conjugando una racional economía y la indispensable elasticidad de aplicación de tan ingente número de fotogramas. Se utilizarían los aéreofotogramas en la obtención de Mapas, Fotoplanos y demás misiones aereofotogramétricas; respecto a los fotogramas terrestres se orientaría su obtención para emplearlos no sólo con fines topográficos en las regiones montañosas y levantamientos de alta precisión, sino también con finalidades arquitectónicas, iniciándose de un modo sistemático esta actividad.

Como ya hemos tratado de la aplicación de los aérofotografías a la obtención de fotoplanos catastrales, veamos sucintamente otros empleos topográficos.

a) Por fotogrametría, y en los aparatos de múltiple proyección se harían sistemáticamente los Mapas escala 1 : 10.000, que podrían ser luego reducidos a escala 1 : 25.000. Detallaremos después —en relación con el servicio de «Conservación del Mapa Nacional»— el rendimiento y personal necesario.

b) Rectificación y puesta al día de las Hojas del Mapa Nacional 1 : 50.000.

Para hacer de un modo sistemático y bien organizado la Conservación del Mapa Nacional y determinar concienzudamente las las hojas que deban ser rectificadas total o parcialmente, es evidente la preciosa ayuda que la fotografía aérea puede prestar a esta labor del Instituto Geográfico y Catastral.

c) La eéreofotogrametría puede cooperar con los trabajos de Topografía clásica para levantamientos de planos de población. La práctica ha demostrado la valía extraordinaria de esta modalidad fotogramétrica para el urbanismo.

d) Por aéreofotogrametría, el Estado haría sus «Cartas coloniales», de indudable interés.

El Servicio Fotogramétrico debe estudiar la adquisición de aviones del adecuado tipo y también modernizar los equipos actuales de cámara eéreofotogramétricas. Ya hemos citado para la corriente de objetivo $f = 210$ mm., y formato 18 × 18 cm², diversos datos en función de las alturas de vuelo. La utilización de objetivos «gran-angulares» de focal pequeña permite grandes rendimientos. Así por ejemplo (presupuesto el 60 % de recubrimiento longitudinal), volando a 2.000 metros, con esta cámara se obtienen fotogramas a escala 1 : 20.000 —base estereoscópica de 1.200 metros— y una superficie útil nueva, por fotograma, de 300 Has.

Las modernas cámaras fotogramétricas construídas después de la guerra, adoptan nuevamente la placa, dejando el «film» para levantamiento de mejor precisión. Los objetivos gran angulares no suelen sobrepasar la distancia focal de 210 mm., ni el formato de 18 × 19 cm². Así la de Poivillers (modelo 1950) lleva las placas 13 × 18 cm², y dos tipos de objetivo con distancias focales de 125 y 210 mm. La cámaras Wild tienen tan sólo 17 mm. de distancia focal y formato 14 × 14 cm². Las italianas, de Nistri, con 18 × 18 cm² y distancia focal de 210 mm. De este último tipo Nistri es interesantísimo el prototipo del modelo 1950, que vimos en Roma provisto de dispositivo para fotografiar el punto nadiral.

OBTENCIÓN DEL MAPA ESCALA 1 : 10.000.

Utilizando aérofotogramas cuya escala oscila poco del valor que juzgamos óptimo (E. 1 : 12.000), resulta cómoda la obtención en los aparatos rápidos de proyección múltiple —como el «Multiplex Zeiss» o «Moltiplo Nistri»—, de unos modelos a escala de 8.000, necesitándose, pues, sesenta modelos de tres estereogramas, para cubrir la superficie de 50.000 Has., que tiene una hoja de nuestro Mapa Nacional. La orientación absoluta y relativa —operando con los seis proyectores de que consta cualquiera de los «Multiplex» del Instituto— exige unas cuatro horas para ese modelo de las 800 Has.; el desarrollo completo precisa siete horas. A este número hay que sumar las que se invierten en la labor preparatoria, impresión de positivas en papel, señalamiento en ellas de los puntos de apoyo, reducción instrumental en diapositiva a 4 × 4 cm. de los fotogramas originales, etc.

Todas las operaciones secundarias se evalúan en cinco horas, y, por tanto, son necesarias doce horas para 800 Has., o bien quince horas para 1.000 Has.

Para lograr este rendimiento diario sería necesario tener unos equipos de trabajo estereográfico y otros para las operaciones auxiliares. Los primeros podrían ser equipos dobles, que turnarían cada tres horas, aprovechando el instrumento en una jornada de nueve horas.

A estos equipos les ayudarían en sus operaciones auxiliares una tercera brigada.

En resumen: para la producción en gabinete de 2.000 Has. diarias en dos aparatos «Multiplex», bastarían tres brigadas, dirigidas cada una por un Ingeniero. El personal en conjunto sería: tres Ingenieros, seis Topógrafos especialistas, dos en laboratorio fotográfico; seis auxiliares y tres Delineantes. *Al mes* suponemos posible producir ***50.000 Has.***

Si se piensa en que la producción aéreofotogramétrica anual sobrepasa del medio millón de Has., el costo resulta reducido tanto en campo como en gabinete, si en todo momento ha presidido el buen criterio.

A la producción antes dicha podría aumentarse eventualmente la aportada por un tercer Proyecto Múltiple de reserva, y las provinientes de las Brigadas de Fotogrametría terrestre (150.000). Puede, pues, cifrarse la suma en ***750.000 Has. año***, como mínimo.

SERVICIO DE CONSERVACIÓN DEL MAPA NACIONAL

La rectificación y puesta al día del Mapa Nacional es cuestión del mayor interés y el ciclo de conservación debiera tener como período 10 años.

Esta labor necesita una íntima colaboración de la Topografía clásica, maniobrando cada método en su campo de acción propio. Para ello debe funcionar un «Centro coordinador». Sus mi-

siones serían, por tanto: *a)* Conjugar dosificando debidamente, la aplicación de la Fotogrametría y Topografía. *b)* Dictaminar concienzudamente sobre los trabajos de rectificación de puesta al día de cada hoja del Mapa Nacional, con expresión del método a seguir. *c)* Combinar los trabajos de «conservación del Mapa Nacional» con los de su homónimo en Catastro Parcelario.

Con fotogramas a la escala aproximada 1 : 12.000, la exploración estereoscópica para dictaminar sobre 100 hojas del Mapa Nacional, exigiría la labor anual de tres brigadas, integradas por un Ingeniero, seis Topógrafos y dos auxiliares, y provistas de seis estereóscopos y un estereo-grafómetro.

Finalicemos expresando que si bien la producción de 750.000 hectáreas anuales no satisface la condición impuesta de hacer la «conservación del Mapa» en un período de diez años, ello se lograría fácilmente si se engrosara el conjunto del equipo productor fotogramétrico, ya descrito, con seis aparatos estereográficos de gabinete, en unión de tres cámaras aéreofotogramétricas para campo. Así podría rendirse —en colaboración fraterna con la Topografía— las *100* hojas al año que el plan fija. Simultáneamente, se producirían al año un *millón de Has.* a la *E. 1 : 10.000.*

MAPA NACIONAL ESCALA 1 : 5.000.

Hemos dejado, para terminar con esta parte de la Memoria, el fijar cómo contribuiría la Fotogrametría a la formación de la gran Carta 1 : 5.000. Prematuro es el esbozar siquiera un plan detallado de la cuestión, ya que al tema general se inicia su estudio ahora en sus fundamentales problemas: clase de proyección, etc.

Desde luego, la Fotogrametría ha de desempeñar primordial papel, si se quieren buenos resultados y coronar esta empresa magna con cierta rapidez. Han de crearse más equipos de gabinete dotados de aparatos modernos, construyendo algunos de tipo nacional —como el «Cartógrafo Ordovás»— y seleccionando prácticamente los mejores entre los extranjeros. Estos ofrecen hoy buenas perspectivas, y aunque caros, su importe es probable se amortizara en plazo inferior a los 20 años si se utilizan haciéndolos rendir científicamente. Los tipos vistos en 1949 y 1950 en Francia, Suiza e Italia, dan un rendimiento en tiempo muy esperanzador, que prácticamente no nos consta; por ello estimamos preferible no detallar cifras de producción anual, y sí sólo afirmar que nuestra Patria debe contar en breve con esas magníficas baterías de 50 ó más aparatos fotogramétricos de gabinete, trabajando a plena carga; conjuntos que impresionan, pues lanzan en masa unos planos magníficos, rápidamente obtenidos.

De momento, una cuidadosa instalación de seis aparatos universales es indispensable, y ello permitiría, además de empezar la producción en serie del 1 : 5.000, atender a la elaboración de planos técnicos de precisión a escalas del 1 : 2.000 y 1 : 1.000.

Repetidas veces hemos hablado «de los estudios de investigaciones fotogramétricas». Declaremos nuestra firme convicción de que en ellos podría hacer gran labor el Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Lanzamos la idea, y si es realizable, seguros estamos que la Fotogrametría en España ganaría mucho, ya que probablemente se estudiarían no sólo las aplicaciones reseñalas en esta Memoria, sino también otras a la Balística, Metrología, Medicina, etc.

Por último, sería del mayor interés el estudio de prototipos de aparatos como el del nuevo «Cartógrafo Ordovás», ideado por el insigne Ingeniero español inolvidable recuerdo.

CONCLUSIONES GENERALES

Resumiendo todo lo dicho, exponemos a continuación las que estimamos conclusiones generales, que tenemos el honor de someter a la discusión del II Congreso Nacional de Ingeniería:

1.ª Necesidad de organizar, conforme a un plan fotogramétrico de conjunto, los levantamientos altimétricos y catastrales. Creación de una Fototeca Topográfica Nacional, y declarar como decisiva la intervención de la Fotogrametría en la rectificación y puesta al día del Mapa Nacional 1 : 25.000 y 1 : 50.000.

2.ª Conveniencia de generalizar, en debida forma, el empleo de la Fotogrametría para levantamientos de precisión, y para formar la Cartografía moderna, en los nuevos Mapas a escalas 1 : 10.000 y 1 : 5.000.

3.ª Urgencia de emplear con gran amplitud la Fotogrametría para la ejecución —en el Instituto Geográfico y Catastral— del Catastro Parcelario. Iniciación del Plano Parcelario Altimétrico E. 1 : 2.000.

4.ª Conveniencia de patrocinar la continuación de investigaciones sobre la aplicación de la Fotogrametría a las actividades de la Ingeniería.

¡Dios quiera que superadas todas la dificultades, pueda contribuir la Fotogrametría, decisiva y brillantemente, al engrandecimiento patrio!

Madrid, 24 de mayo de 1950.

Por último, se lee el siguiente trabajo:

N.º 286. - La estadística matemática aplicada a los métodos experimentales de ordenación de montes

Autor: D. JOSE M.ª CERVERA IBÁÑEZ
Ingeniero de Montes

PRELIMINARES

Perseguimos con la Ordenación de Montes, salvo excepciones, obtener del monte la mayor utilidad posible; máximo beneficio directo.

Depende éste de la cantidad de productos que el monte proporcione y de los precios que esos productos alcancen en el mismo monte.

La «Ordenación intrínseca» u «Ordenación» propiamente dicha, se ocupa de aumentar esa cantidad de productos, tiende a lograr del monte su máxima producción en especie.

Virtualidad productiva de la estación y de la especie que forma el vuelo son factores intrínsecos que integran el monte mismo y determinan su producción.

Siendo la estación el conjunto de clima, suelo y situación (altitud y exposición), todos estos factores juntamente con el vuelo serán los determinantes de la producción real, actual, del monte.

En la medida que podamos influir sobre ellos, conseguiremos mejorar la producción, hasta llegar a su límite máximo, determinado, como hemos dicho, por la virtualidad productiva de especie y estación.

No podemos influir sobre la situación.

Sólo cabe la actuación indirecta sobre el clima: las modificaciones de vuelo del monte se traducen en cambios de las condiciones climáticas locales.

La modificación de las condiciones físico-químicas del suelo mediante labores, abonos y enmiendas, aunque posible, no puede tener en las explotaciones forestales la intensidad de aplicación que en las agrícolas. Y nuestra actuación sobre el suelo es también y principalmente indirecta: cerrando la espesura, mejorando el vuelo, mejoraremos las condiciones del suelo.

Sobre el vuelo sí podemos actuar directamente. Y esta actuación directa sobre el vuelo tiene forestalmente un nombre: tratamiento.

De lo dicho se deduce que el problema fundamental que ha de resolver la Ordenación es el de acertar el tratamiento que con mayor rapidez y seguridad conduzcan al monte a su máxima producción, y, una vez alcanzada esta producción máxima, la sostenga indefinidamente.

La diferencia esencial entre los métodos clásicos de ordenación y los modernos métodos experimentales está en los distintos caminos por los que buscan solución a dicho problema.

Los métodos clásicos, desde el primer estudio del monte, en el Proyecto de Ordenación, conciben y concretan una organización ideal del vuelo y fijan el número de años en que ha de alcanzarse. El tratamiento ha de ser, precisamente, el que consiga en ese número de años la organización ideal del vuelo impuesta por el Proyecto de Ordenación.

En los métodos experimentales nada se fija en el Proyecto de Ordenación. Parten de la base de que un primer estudio del monte resulta insuficiente para determinar la organización ideal del vuelo con la que alcanzaremos su máxima producción. Y el Proyecto de Ordenación, en lo que afecta a este punto, no es más que un primer estudio del monte, el más incompleto por falta de datos de observación. Estudio que se continúa y perfecciona constante e indefinidamente en la ejecución de la ordenación. El tratamiento pierde la rigidez de aplicación que los métodos clásicos le imponen. El acertar con el más eficaz en los primeros años de ordenación tiene mucho de casual. Después, cuando se avanza más y más en la ordenación, el estudio de cómo ha reaccionado el monte en los tratamientos aplicados con anterioridad, nos permitirá resolver con éxito el problema fundamental de la elección del tratamiento.

No vamos a señalar ventajas e inconvenientes de los métodos clásicos y métodos experimentales. Equivaldría a desviarnos del tema de nuestro estudio.

Nos interesaba llegar al concepto de métodos experimentales de ordenación. Concepto que condensa Mackay diciendo: en los métodos experimentales la *Ordenación mide y registra el hecho, y el hecho perfecciona la Ordenación.*

Para deducir lo siguiente:

La Ordenación Experimental se apoya en la eficiente medida y registra el hecho;

el hecho medido y registrado es la producción en especie del monte y su relación con el estado real del vuelo;

el estudio de esta relación permite conocer en qué medida el estado real del vuelo se acerca o separa del vuelo ideal a que corresponde la máxima producción;

el tratamiento, guiado en constante perfección por este estudio, actúa sobre el vuelo con el fin de llevarlo a ese estado ideal de máxima producción.

Instrumento imprescindible para la mayor eficacia de la Ordenación Experimental es la Estadística Matemática.

De sobra es conocido el importante papel auxiliar que prestan los métodos estadísticos a las ciencias experimentales, para que pretendamos ahora probar nuestra anterior aseveración.

El instrumento es bueno, insubstituible. La dificultad estriba en manejarlo bien, en aplicarlo fecundamente.

A esta misma aplicación de la Estadística Matemática a la Ordenación Experimental puede extenderse la condición de perfectible.

Lo que nos anima a presentar nuestro trabajo, con sus errores y defectos: Considérese como un primer estudio de aplicación de la Estadística a la Ordenación, el más incompleto y defectuoso por falta de datos de observación... y por nuestro.

Concretamos la aplicación de la Estadística al estudio de la relación entre producción y estado real del vuelo.

De aquí que dividamos nuestro trabajo en las tres siguientes partes:

Estudio del vuelo desde un punto de vista estático, apoyado en un determinado inventario.

Estudio de la producción o «movimiento» del vuelo, por comparación de dos inventarios consecutivos.

Estudio de la relación entre ambos aspectos, dinámico y estático, del vuelo.

Que titulamos: Dasoestática, Dasodinámica y Estudio de correlaciones.

PRIMERA PARTE

DASOESTÁTICA

Entendemos por *dasoestática* de una unidad inventarial la composición estática de su vuelo.

Caracterizan el vuelo la especie o especies que lo forman, la edad de sus pies y la espesura o estado.

Por la correlación directa que hay entre edad y diámetro normal y la más fácil medida de diámetros que determinación de edades, substituimos edad por diámetro normal.

Así, la dasoestática de una unidad inventarial vendrá determinada por la composición específica de su vuelo, composición diamétrica y densidad de masa o estado.

Composición específica

Sabemos que las masas son puras o mezcladas, según sean unas o varias las especies principales que la forman.

Cuando se trate de masas mezcladas, la importancia representativa de cada especie vendrá determinada por los porcentajes en número de pies y volumen.

Siendo P_i el número de pies de la especie i; $P = \Sigma P_i$ el número total de pies, V_i y $V = \Sigma V_i$ volumen de dicha especie i y total, tendremos:

$$\frac{t_{vi}}{t_{pi}} = \frac{V_i/V}{P_i/p} = \frac{V_i/P_i}{V/P} = \frac{V_{mi}}{V_m}$$

lo que nos dice que los porcentajes en volumen t_{vi} y en número de pies t_{pi} de una especie son directamente proporcionales a los volúmenes medios de la especie v_{mi} y total v_m.

La información sobre composición específica es más completa con el cálculo de los dos porcentajes para cada especie, cálculo que se hace necesario cuando los volúmenes medios de algunas de ellas difieren considerablemente.

La siguiente composición específica de los montes ordenados de Sierra Segura, Río Madera, Demarcaciones y Garganta está tomada de los inventarios del año 1952.

		P. laricio	P. pinaster	P. halepensis
Río Madera y Anejos	En núm. de pies	95 %	5 %	—
	En volumen	97 %	3 %	—
Demarcaciones de la Sierra	En núm. de pies	52 %	41 %	7 %
	En volumen	57 %	39 %	4 %
Garganta de Hornos y Agregados	En núm. de pies	36 %	59 %	5 %
	En volumen	42 %	53 %	5 %

En ella vemos la escasa representación del P. halepensis, y que en los tres montes el volumen medio de P. laricio es algo superior al volumen medio de P. pinaster.

Composición diamétrica

En las masas regulares (de pies coetáneos) las curvas de frecuencias de diámetros toman formas parecidas a las de Gauss o en campana.

En las masas irregulares idealmente organizadas las curvas de frecuencias, son gradual y constantemente decrecientes con los diámetros.

Naturalmente, que entre estos dos tipos de curvas de frecuencias que corresponden a esas dos organizaciones ideales del vuelo totalmente distintas, caben las más variadas formas de frecuencias, correspondientes a vuelo real.

Su estudio resulta interesante e imprescindible para el perfecto conocimiento de la composición diamétrica del vuelo.

El primer problema que se nos presenta es el de elección del intervalo de clase. Las dos condiciones que presiden la elección son: Interesa que todos los valores asignados a una clase podamos considerarlos, sin grave error, como iguales al valor medio del intervalo respectivo; dentro de la primera condición interesa, por razones de comodidad y brevedad, que el intervalo sea lo más amplio posible.

No podemos aplicar la fórmula propuesta por H. A. Sturges para la determinación del número m de intervalos de clases:

$$m = 1 + 3{,}32193 \log N$$

donde N es la frecuencia total, porque ello nos obligaría a cam-

biar frecuentemente de intervalo, con la consiguiente incomodidad.

Sabemos que se miden los diámetros con forcípulas de uno o cinco centímetros de intervalo. Y que en el primer caso se agrupan los pies en clases diamétricas de diez en diez centímetros.

Puestos a elegir entre uno, cinco o diez centímetros como intervalo de clase, preferimos el de cinco centímetros: las curvas de frecuencias con intervalos de clase de centímetro resultan con un excesivo número de intervalos, con el inconveniente de un incómodo manejo y con demasiados picos en su representación gráfica; las de intervalos de diez centímetros, con pequeño número de intervalos, resultan poco expresivas, cumplen mal con la primera condición, mientras que en las curvas de frecuencias con intervalos de cinco centímetros ambas condiciones, agrupamiento de los valores de la clase en un valor medio y comodidad de manejo, se cumplen satisfactoriamente.

Por valores centrales de los intervalos tomamos los de 10, 15, 20, 25, etc., centímetros, siendo los respectivos límites de intervalos 7,5 y 12,5 centímetros; 12,5 y 17,5 centímetros; 17,5 y 22,5 centímetros; 22,5 y 27,5 centímetros, etc.

Si el conteo se ha hecho con forcípulas de un centímetro de intervalo, agruparemos los pies en sub-clases diamétricas de cinco centímetros, sumando el número resultante de 8, 9, 10, 11 y 12 centímetros para la sub-clase de 10 centímetros; 13, 14, 15, 16 y 17 centímetros para la sub-clase de 15 centímetros, etc.

Si se han utilizado las forcípulas de cinco centímetros de intervalo, las frecuencias de clase con intervalo de cinco centímetros las tendremos directamente del conteo.

Obtenidas ya las frecuencias de clase, antes de proceder a su estudio estadístico las reducimos a frecuencias por 1.000 pies, multiplicándolas por mil y dividiéndolas por el número total de pies.

Hacemos esto para más comodidad de dibujo al no tener que variar la escala de ordenadas (frecuencias) y por resultar más fácilmente comparables las curvas así dibujadas de distintas unidades inventariales, al resultar independientes del número total de pies.

Operando con las frecuencias reducidas a 1.000 pies, formamos la Serie acumulada de frecuencias por curvas sucesivas y los productos diámetro × frecuencia y diámetro cuadrado × frecuencia.

Como ejemplo del modo de operar, tomamos a continuación las frecuencias correspondientes a la subparcela *a*) de la Parcela 1.ª del monte «Fuente Prado Marín de Moya, conteo de 1946. (Cuadro número 1.)

Así preparadas las tablas de frecuencias, calculamos los siguientes estadísticos:

PROMEDIOS O MEDIDAS DE POSICIÓN

Medida aritmética.—Es suma de diámetros × frecuencias, dividida por mil. Como los diámetros vienen en intervalos, tendremos que multiplicar por 5 para tener la media aritmética en centímetros.

Media aritmética = 5 × 6,019102 = 30,10 centímetros.

Promedio típico.—Si la curva de frecuencias fuese continuada, el medio típico o moda sería el valor de la variable para el cual la ordenada —frecuencia— fuese máxima.

Cuando, como en nuestro caso, las frecuencias se agrupan por intervalos de clase, no coincide el promedio típico con el valor central del intervalo de mayor frecuencia: Fácilmente se comprende que de ser así, dependería el promedio típico de la amplitud del intervalo escogido.

El mejor procedimiento para determinarlo sería el ajustar por mínimos cuadrados funciones continuas a las distribuciones dadas y determinar la abscisa para la que la función encontrada se haga máxima.

Mas, para evitarnos en cada caso dicho ajuste, recurrimos para la determinación del promedio típico al procedimiento aproximado, que consiste en tomar la frecuencia máxima y las inmediatas inferior y superior, supuestas concentradas en los valores centrales de los respectivos intervalos, hacer pasar una parábola de segundo grado y eje vertical por esos tres puntos y determinar el máximo de esa parábola, cuya abscisa tomamos por promedio típico.

Sean n_0, n_1 y n_2 las ordenadas (frecuencias) correspondientes a

CUADRO NÚM. 1

DIÁMETRO CENTRAL		Frecuencias	Frecuencias reducidas a 1.000 pies	Serie acumulada de frecuencias	Dtr. × Frec.	Dtr.² × Frec.
En centímetros	En intervalo					
10	2	56	29,724	29.724	59,448	118,896
15	3	274	145,435	175,159	436,305	1.308,915
20	4	263	139,597	314.756	558.388	2.233.552
25	5	262	139,066	453,822	695,330	3.476,650
30	6	245	130.043	583,865	780,258	4 681,548
35	7	218	115,711	699,576	809,977	5.669,839
40	8	256	135,881	835,457	1.087,048	8.696,384
45	9	168	89,172	924,629	802,548	7.222,932
50	10	102	54,140	978,769	541,400	5.414,000
55	11	21	11,147	989,916	122,617	1.348,787
60	12	13	6,900	996,816	82,800	993,600
65	13	4	2,123	998,939	27,599	358,787
70	14	1	0,531	999,470	7,434	104,076
75	15	1	0,530	1.000,000	7,950	119,250
Sumas		1.884	1.000,000		6.019,102	41.747,216

las abscisas 0, 1 y 2, siendo $n_0 < n_1 > n_2$. Llamando Δ_0^1, Δ_0^2 las diferencias primera y segunda referidas a n_0 ($\Delta_0^1 = n_1 - n_0$,, $\Delta_0^2 = \Delta_1^1 - \Delta_{01} = (n_2 - n_1) - (n_2 - n_0) = (n_2)(n^1 - 2n_1 + n_0)$ la parábola que pasa por los puntos $(0, n_0)$ $(1, n_1)$ y $(2, n_2)$ tiene por ecuación:

$$n_x = n_0 + x \cdot \Delta_0^1 + \frac{x(x-1)}{1 \cdot 2} \Delta_0^2$$

Derivando e igualando a cero la derivada:

$$\Delta_0^1 + \frac{1}{2}(2x-1)\,\Delta_0^2 = 0 \quad \text{resulta:}$$

$$x = \frac{1}{2} - \frac{\Delta_0^1}{\Delta_0^2} \text{ que es la abscisa del máximo.}$$

La curva de que nos venimos ocupando es bimodal, presentando dos modas en el intervalo de valor central 15 centímetros y en el de 40 centímetros. Para el primero tendremos:

$$n_0 = 29{,}724 \quad n_1 = 145{,}435 \quad n_2 = 139{,}597$$

$$\Delta_0^1 = n_1 - n_0 = 145{,}435 - 29{,}724 = 115{,}711$$

$$\Delta_1^2 = n_2 - 2n_1 + n_0 = 139{,}597 - 290{,}870 + 29{,}724 = - 121{,}549$$

$$x = \frac{1}{2} + \frac{115{,}711}{121{,}549} = 1{,}452 \text{ intervalos} = 7{,}26 \text{ centímetros.}$$

Siendo 10 centímetros el valor central del intervalo a que corresponde n_0, tendremos:

Promedio típico = 10 + 2,26 = 17,26 centímetros.

Igualmente calculamos el segundo:

$$\text{Promedio típico} = 35 + 5 \cdot \left[\frac{1}{2} + \frac{135{,}881 - 115{,}711}{(135{,}881 - 115{,}711) + (135{,}881 - 89{,}172)}\right] = 39{,}01 \text{ centímetros.}$$

Mediana.—Es un valor de la variable tal que los mayores y menores que él se presentan con igual frecuencia.

Como estamos trabajando con frecuencias reducidas a 1.000 pies, la mediana será el valor de la variable para el cual la serie acumulada de frecuencias valga 500.

Basamos su cálculo en el supuesto de que dentro de un intervalo las frecuencias se distribuyen uniformemente.

Así, la serie acumulada en el intervalo de valor central 25 centímetros (límite superior 27,5 centímetros) es 453,822. En el siguiente intervalo la frecuencia es 103,043. Y la mediana vale:

$$\text{Mediana} = 27{,}5 + 5 \times \frac{500 - 453{,}822}{130{,}043} = 29{,}27 \text{ centímetros.}$$

Primer cuartil.—Valor de la variable para el que la frecuencia acumulada es la cuarta parte de la total. Se calcula como la mediana.

$$\text{Primer cuartil} = 17{,}50 + 5 \times \frac{250 - 175{,}159}{139{,}597} = 20{,}18 \text{ centímetros.}$$

Tercer cuartil.—Idem para las tres cuartas partes.

$$\text{Tercer cuartil} = 37{,}50 + 5 \times \frac{750 - 699{,}576}{135{,}881} = 39{,}36 \text{ centímetros.}$$

MEDIDAS DE DISPERSIÓN

Campo de variación.—Es la diferencia entre el mayor y menor de los valores observados de la variable.

Naturalmente, tomaremos el límite superior del mayor intervalo y el límite inferior del menor.

En nuestra curva:

Campo de variación = 77,50 — 7,50 = 70 centímetros.

Desviación típica.—Es la medida cuadrática de las desviaciones a la media.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma f(X - M_a)^2}{\Sigma f}} = \sqrt{\frac{\Sigma f X^2}{\Sigma f} - M_a^2}$$

En nuestra curva:

$$\sigma = 5x\sqrt{41{,}747216 - 6{,}019102^2} = 11{,}74 \text{ centímetros.}$$

A este valor calculado le aplicamos la corrección de Sheppard para los errores de agrupamiento.

Llamando σ_c a la desviación corregida, σ a la calculada y h a la amplitud del intervalo, la corrección de Sheppard, cuando la distribución de frecuencias es continua y las frecuencias disminuyen teniendo a cero en los dos sentidos del eje x, viene dada por la fórmula:

$$\sigma_c^2 = \sigma^2 - \frac{h^2}{12}$$

En nuestro caso, h = 5 centímetros, resulta:

Desviación típica corregida = 11,66 centímetros.

Desviación de los cuartiles.—Llamando M_e a la mediana, Q_1 y Q_3 a los cuartiles primero y tercero, la desviación de los cuartiles es la semisuma:

$$Q = \frac{(M_e - Q_1) + (Q_3 - M_e)}{2} = \frac{Q_3 - Q_1}{2}$$

En nuestra curva:

$$\text{Desviación de los cuartiles} = \frac{39{,}36 - 20{,}18}{2} = 9{,}59 \text{ centímetros.}$$

Coeficiente de variación.—Es medida absoluta de dispersión que resulta de dividir la desviación típica por la media aritmética, y se expresa en tanto por ciento.

En nuestra curva:

$$\text{Coeficiente de variación} = \frac{11.66}{30{,}10} = 38{,}74\ \%.$$

MEDIDAS DE ASIMETRÍA

Coeficiente de Pearson.—Se calcula la asimetría por la fórmula:

$$\text{Asimetría} = \frac{\text{media aritmética} - \text{promedio típico}}{\text{desviación típica}}$$

En nuestra curva:

$$\text{Coeficiente de Pearson} = \frac{30{,}10 - 17{,}26}{11{,}66} = +\ 1{,}101$$

Coeficiente de mediana y cuartiles.—Siendo, como antes, M_e la mediana y Q_1, Q_3 los cuartiles, este coeficiente de asimetría se calcula por la fórmula

$$\frac{(Q_3 - M_e) - (M_e - Q_1)}{(Q_3 - M_e) + (M_e - Q_1)}$$

En nuestra curva:

Coeficiente de mediana y cuartiles =

$$= \frac{(39{,}36 - 29{,}27) - (29{,}27 - 20{,}18)}{(39{,}36 - 29{,}27) + (29{,}27 - 20{,}18)} = +\ 0{,}052$$

Curtosis:

Aunque en cierto modo ésta es una medida de dispersión, la estudiamos aparte por expresar además una medida de achatamiento de las curvas.

La curtosis se mide por el coeficiente

$$\beta_2 = \frac{\mu_4}{\mu_2^2}$$

siendo μ_4 y μ_2 los momentos de cuarto y segundo grado respecto a la media aritmética

$$\left(\mu_4 = \frac{\Sigma f (x - M_a)^4}{\Sigma f} \quad ,, \quad \mu_2 = \frac{\Sigma f (x - M_a)^2}{\Sigma f} \right)$$

El valor tipo de β_2 es 3, según resulta de la curva normal o de Gauss.

Las curvas con $\beta_2 > 3$ se llaman leptocúrticas (apuntadas), con $\beta_2 < 3$ platicúrticas (aplanadas) y con $\beta_2 = 3$ mesocúrticas.

Calculamos los momentos tomando por unidad el intervalo y tomando primero los momentos μ'_2, μ'_3 y μ'_4 respecto a una media auxiliar de cálculo que situamos en el centro del intervalo 6.

$$\mu'_1 = +\ 0{,}019102$$
$$\mu'_2 = 5{,}517992$$
$$\mu'_3 = +\ 4{,}260646$$
$$\mu'_4 = 71{,}793680$$

Llamando d a la diferencia entre la media aritmética y la auxiliar (medidas con intervalo como unidad) resulta:

$$\mu'_1 = \mu_1 + d; \quad \mu_1 = \mu'_1 - d = 0; \quad \mu'_1 = d.$$
$$\mu_2 = \mu'_2 - d^2 = 5{,}434294$$
$$\mu_4 = \mu'_4 - 4\,d\,\mu'_3 + 6\,d^2\,\mu'_2 - 3\,d^4 = 71{,}480{,}217$$

Aplicando a μ_2 y μ_4 la corrección de Sheppard para los errores de agrupamiento:

$$\mu_2 \text{ corregido} = (\mu_2) = \mu_2 - \frac{1}{12} = 5{,}434294$$

$$\mu_4 \text{ corregido} = (\mu_4) = \mu_4 - \frac{1}{2}\,\mu_2 + \frac{7}{240} = 68{,}750570$$

$$\beta_2 = \frac{68{,}750570}{5{,}434294^2} = 2{,}328$$

Y la curva es platicúrtica.

Momentos:

Tenemos calculados los momentos de segundo y cuarto grado. El de tercer grado vale:

$$\mu_3 = \mu'_3 - 3\,d\,\mu'_2 + 2\,d^3 = +\ 3{,}944446$$
$$(\mu_3) = \mu_3$$

Tenemos los momentos en unidades de intervalo. Para pasar a decímetros tendremos que multiplicar por $0{,}5^2$, $0{,}5^3$ y $0{,}5^4$.

$(\mu_2) = 0{,}25 \times 5{,}434294 = 1{,}36$ decímetros cuadrados.

$(\mu_3) = 0{,}125 \times 3{,}944446 = +\ 0{,}49$ decímetros cúbicos.

$(\mu_4) = 0{,}0625 \times 68{,}750570 = 4{,}30$ decímetros cuartos.

Terminado el estudio estadístico de la curva de frecuencias de diámetros, completamos el de la composición diamétrica dando los valores medios del pie y la clasificación de la madera.

Valores medios del pie:

Diámetro medio.—Es suma de diámetros partida por número de ellos y, por consiguiente, la media aritmética antes calculada.

Diámetro medio = 30,10 centímetros.

Área basimétrica media.—Se multiplican las frecuencias (sin reducir a 1.000 pies) por los cuadrados de los respectivos diámetros centrales de intervalos. La suma de estos productos multiplicada por $\frac{\pi}{4} = 0{,}7854$ es el área basimétrica total, que dividida por el número de pies nos da el área basimétrica media.

En nuestra curva resulta:

Área basimétrica media = 0,0820 metros cuadrados.

A esta área basimétrica corresponde un diámetro medio (media cuadrática) de 32,31 centímetros.

Volumen medio.—Calculamos el volumen en silvos multiplicando las frecuencias (sin reducir a 1.000 pies) por los volúmenes en silvos correspondientes a los diámetros centrales de intervalos, y sumando estos productos.

Este volumen total dividido por el número de pies nos dará el volumen medio.

En nuestra curva resulta:

Volumen medio = 0,896 silvos.

A este volumen corresponde en la tabla de silvos un diámetro de 33,40 centímetros.

Clasificación de la madera.

Agrupados los pies en sub-clases diamétricas de cinco centímetros tal como lo hemos hecho, distinguen los forestales franceses las siguientes clases de madera:

Facultativa	sub-clases 10 y 15 centímetros
Pequeña	ídem 20, 25 y 30 íd.
Mediana	ídem 35, 40 y 45 íd.
Gruesa...	ídem 50 íd. y superiores

Prescindiendo de la facultativa, los porcentajes de los volúmenes en silvos de las otras tres clases, pequeña, mediana y gruesa, al volumen total de las tres clases, nos indican en cierto modo composición diamétrica, por cuanto esos porcentajes representan distribución de volúmenes por diámetros.

En nuestra parcela tenemos:

Facultativa	39,896 silvos		
Pequeña	357,504 »	...	21,70 %
Mediana	906,176 »	...	55,00 %
Gruesa...	384,016 »	...	23,30 %
Total tres últimas ...	1.647,696 silvos		

Indicadores de densidad de masa o estado.

Así como composición específica y diamétrica son independientes de la cabida o superficie de la unidad inventarial, la densidad de masa o estado sí depende de la cabida, por cuanto es relación entre vuelo y cabida.

En la Sub-parcela *a*) de la Parcela 1.ª del monte «Fuente Prado Marín de Moya» que venimos estudiando la cabida es de 11,14 hectáreas.

Calculamos los siguientes indicadores de densidad de masa:

Número de pies por hectárea = 169 pies

Suma de diámetros por hectárea = 49,70 metros

Área basimétrica por hectárea = 13,8629 metros cuadrados

Volumen por hectárea = 151,489 silvos

Estos cuatro indicadores aumentan con la densidad.

A los dos siguientes les sucede lo contrario.

Distancia media entre ejes de pies.—Supuestos los pies repartidos uniformemente por toda la superficie formando cuadrados iguales, el lado de ese cuadrado será

$$\sqrt{\frac{\text{cabida}}{\text{núm. total de pies}}}$$

En nuestra parcela resulta ... ... 7,69 metros.

Relación de espaciamiento.—Es el cociente distancia media entre ejes dividido por diámetro medio cuadrático. Llamando S a la cabida y N al número total de pies, la relación de espaciamiento, *e* vale:

$$e = \frac{\sqrt{\frac{S}{N}}}{\sqrt{\frac{\Sigma n d^2}{N}}} = \sqrt{\frac{S}{\Sigma n d^2}}$$

En nuestra parcela resulta 23,80

* * *

Cuanto llevamos dicho sobre dasoestática se concreta en números.

Que hemos calculado para cinco parcelas —la primera dividida en dos sub-parcelas— del monte «Fuente Prado Marín de Moya», masa pura de P. pinaster.

Este monte, propiedad del Estado y situado en Sierra Segura, tiene unas 40 hectáreas pobladas, que dividimos en cinco parcelas para inventariar una cada año a partir de 1946.

En el año 1949, fuera de turno y exclusivamente para incluirla en este trabajo, inventariamos también la Parcela 5.ª

Apoyamos el inventario de cada parcela en varios conteos, del que formamos el conteo definitivo o conteo exacto, que tomamos como base para el estudio de la dasoestática de la parcela.

Se volverá a medir la 1.ª Parcela en el año 1951 y a partir de entonces iremos acumulando datos para el estudio de la dasodinámica.

En el conteo definitivo vienen los diámetros en centímetros.

De cada parcela dibujamos los tres gráficos siguientes:

Frecuencias de diámetros, reducidas a 1.000 pies, por centímetros (*curva suavizada*).—Obtenemos las ordenadas asignando a cada intervalo de clase (centímetro) no la frecuencia que resulta del conteo, sino la suma de frecuencias de cinco centímetros consecutivos de los que aquél es el central. Sumadas todas estas frecuencias se reduce cada una a 1.000 pies, dividiéndola por esta suma y multiplicando el cociente por mil.

De esta manera, aunque no desaparecen totalmente los picos, la curva se «suaviza» lo suficiente para dar una idea aceptable de la distribución diamétrica.

Frecuencias de diámetros, reducidas a 1.000 pies, por sub-clases diamétricas.—Es la que nos ha servido para el estudio estadístico y se prepara, como ya dijimos, agrupando las frecuencias por subclases de cinco centímetros, dividiéndolas por el número total de pies y multiplicando estos cocientes por mil.

Volumen en silvos, reducido a 1.000 silvos, por sub-clases diamétricas.—El volumen en silvos de cada sub-clase diamétrica se multiplica por mil y se divide por el volumen total en silvos de la parcela.

En los cuadros y gráficos de las parcelas observamos:

Las curvas de frecuencias de pies tienen forma de campana, indicadora de masa regular.

La multiplicidad de nodos en las curvas suavizadas nos indica que no se trata de poblaciones simples, en el sentido de que la masa sea netamente regular, con todos sus pies de la misma edad, sino mezcla de varias masas regulares de distintas edades, de las que en general parecen ser dos las dominantes.

Esto se acusa sobre todo en la Sub-parcela *b*) de la Parcela 1.ª y concuerda con la siguiente historia: esta Sub-parcela ocupa la parte baja de una ladera en la que se produjo hace unos treinta y cinco años un deslizamiento de tierras, formándose una quebrada; consecuencia de ello fué que desapareciese la mayor parte del arbolado viejo en la quebrada, siendo substituído por el repoblado natural que fácilmente se produjo en la tierra movida, con lo que la masa actual se compone de una masa joven y otra, con bastantes menos pies, masa vieja, anterior a la quebrada.

Las curvas de volúmenes son todas unimodales, menos en la Sub-parcela *b*), que es bimodal. Los mayores volúmenes corresponden a la sub-clase de 40 centímetros en todas las parcelas menos en la 3.ª y Sub-parcela *b*).

Media aritmética, mediana y cuartiles toman valores muy parecidos en todas las parcelas menos en la Sub-parcela *b*), con valores inferiores.

La parcela de mayor desviación típica es la Sub-parcela *a*) y la de menor la Parcela 3.ª

Todas las parcelas presentan asimetría positiva.

La Sub-parcela *b*) es leptocúrtica. Todas las demás son platicúrticas, siendo la Sub-parcela *a*) la más aplanada.

Los mayores valores de los momentos los encontramos en la Sub-parcela *b*) y los menores en las parcelas 3.ª y 4.ª

Los valores medios del pie son muy parecidos en todas las parcelas menos en la Sub-parcela *b*), en que son inferiores.

No conocemos la clasificación ideal de la madera en nuestros montes. Según los forestales franceses es: 20 % de madera pequeña, 30 % de mediana y 50 % de gruesa. Nuestras parcelas no presentan esta distribución, estando todas muy escasas de madera gruesa.

La parcela más densa es la 4.ª, y la de espesura más deficiente la Sub-parcela *b)*, según todos los indicadores de densidad de masa.

Desconocemos los valores ideales de éstos. Según los franceses, el volumen por hectárea ha de ser de 300 a 400 silvos. Nuestra parcela más poblada, la 4.ª, sólo llega a 235 silvos por hectárea.

A continuación se insertan los cuadros y gráficos de que venimos hablando:

MONTE «FUENTE PRADO MARÍN DE MOYA»

Conteo 1946 — *Parcela 1.ª* — *Sub-parcela* a)

Cabida 11,14 has. — *Número de pies 1.884*

Volumen en silvos 1.687,592

COMPOSICIÓN ESPECÍFICA — Masa pura de P. pinaster

COMPOSICIÓN DIAMÉTRICA

Valores estadísticos de la curva de frecuencias de diámetros

Promedios o medidas de posición...	Media aritmética ... =	30,10 cms.	
	Promedio típico .... =	17,26 »	
	Id. íd. .... =	39,01 »	(bimodal)
	Mediana .... =	29,77 »	
	Primer cuartil ..... =	20,18 »	
	Tercer cuartil...... =	39,36 »	
Medidas de dispersión..	Campo de variación. =	70,00 »	
	Desviación típica... =	11,66 »	
	Desviación de los cuartiles .... =	9,59 »	
	Coeficiente de variación .... =	38,74 %	
Medidas de asimetría..	Coeficiente de Pearson .... =	+ 1,101	
	Coeficiente de mediana y cs ...... =	+ 0,052	
Curtosis.....	Coeficiente β_2....... =	2,328 (platicúrtica)	
Momentos...	μ_2...... =	1,36 dm²	
	μ_3...... =	+ 0,49 dm³	
	μ_4...... =	4,30 dm⁴	

Valores medios del pie

Diámetro medio	= 30,10 cms.	
Área basimétrica media =	0,0820 mts²	(diámetro = 32,41 cms.)
Volumen medio	= 0,896 silvos	(diámetro = 33,40 »)

Clasificación de la madera (porcentajes por tamaños)

De madera pequeña	21,70 %
De madera mediana	55,00 %
De madera gruesa..................	23,30 %

INDICADORES DE DENSIDAD DE MASA O ESTADO

Número de pies por hectárea	169	pies
Suma de diámetros por hectárea	49,70	mts.
Área basimétrica por hectárea.......	13,8629	mts²
Volumen por hectárea.............	151,489	silvos
Distancia media entre ejes de pies...	7,69	mts.
Relación de esparcimiento..........	23,80	

MONTE «FUENTE PRADO MARÍN DE MOYA»

Conteo 1946 — *Parcela 1.ª* — *Subparcela* b)

Cabida 5,52 has. — *Número de pies 438*

Volumen en silvos 235,897

COMPOSICIÓN ESPECÍFICA — Masa pura de P. pinaster

COMPOSICIÓN DIAMÉTRICA

Valores estadísticos de la curva de frecuencias de diámetros

Promedios o medidas de posición...	Media aritmética ... =	23,47 cms.	
	Promedio típico.... =	16,22 »	(bimodal)
	Id. íd. .... =	45,00 »	
	Mediana .... =	20,91 »	
	Primer cuartil ..... =	15,50 »	
	Tercer cuartil...... =	28,30 »	
Medidas de dispersión..	Campo de variación =	55,00 »	
	Desviación típica... =	10,72 »	
	Desviación de los cuartiles......... =	6,40 »	
	Coeficiente de variación .... =	45,68 %	
Medidas de asimetría..	Coeficiente de Pearson........... =	+ 0,670	
	Coeficiente de mediana y cs ...... =	+ 0,155	
Curtosis.....	Coeficiente β_2...... =	4,186 (leptocúrtica)	
Momentos...	μ_2...... =	1,17 dm²	
	μ_3...... =	+ 1,54 dm³	
	μ_4...... =	5,68 dm⁴	

Valores medios del pie

Diámetro medio	= 23,47 cms.	
Área basimétrica media =	0,0525 mts²	(diámetro = 25,84 cms.)
Volumen medio ...... =	0,539 silvos	(diámetro - 27,00 »)

Clasificación de la madera (porcentajes por tamaños)

De madera pequeña	41,21 %
De madera mediana	32,00 %
De madera gruesa..................	26,79 %

Indicadores de densidad de masa o estado

Número de pies por hectárea	79	pies
Suma de diámetros por hectárea	18,62	mts
Área basimétrica por hectárea	4,1625	mts²
Volumen por hectárea	42,735	silvos
Distancia media entre ejes de pies ..	11,23	mts.
Relación de esparcimiento.........	43,44	

MONTE «FUENTE PRADO MARIN DE MOYA»

Conteo 1947 — *Parcela 2.ª*

Cabida 11,77 has. — *Número de pies 1.946*

Volumen en silvos 1.610,255

COMPOSICIÓN ESPECÍFICA — Masa pura de P. pinaster

COMPOSICIÓN DIAMÉTRICA

Valores estadísticos de la curva de frecuencias de diámetros

Promedios o medidas de posición...	Media aritmética ... =	30,08 cms.
	Promedio típico.... =	28,79 »
	Mediana .... =	29,56 »
	Primer cuartil ..... =	23,10 »
	Tercer cuartil...... =	36,77 »

Medidas de dispersión..	Campo de variación =	55,00 »
	Desviación típica .. =	9,31 »
	Desviación de los cuartiles......... =	6,84 »
	Coeficiente de variación .... =	30,95 %
Medidas de asimetría..	Coeficiente de Pearson.......... .. =	+ 0,139
	Coeficiente de mediana y cs. ...... =	+ 0,055
Curtosis.....	Coeficiente β_2...... =	2,665 (platicúrtica)
Momentos...	μ_2 . . . . =	0,87 dm²
	μ_3 .... =	+ 0,25 dm³
	μ_4 ...... =	2,00 dm⁴

Valores medios del pie

Diámetro medio ...... = 30,08 cms.
Área basimétrica media = 0,0780 mts² (diámetro = 31,52 cms.)
Volumen medio ..... = 0,827 silvos (diámetro = 32,39 »)

Clasificación de la madera (porcentajes por tamaños)

De madera pequeña	32,26 %
De madera mediana	56,23 %
De madera gruesa	11,51 %

Indicadores de densidad de masa o estado

Número de pies por hectárea	165	pies
Suma de diámetros por hectárea	49,73	mts.
Área basimétrica por hectárea	12,9009	mts²
Volumen por hectárea	136,8 0	silvos
Distancia media entre ejes de pies ...	7,78	mts.
Relación de esparcimiento	24,67	

MONTE «FUENTE PRADO MARÍN DE MOYA»

Conteo 1948 *Parcela 3.ª*

Cabida 5,64 has. *Número de pies 1.162*

Volumen en silvos 958,887

Composición específica Masa pura de P. pinaster

Composición diamétrica

Valores estadísticos de la curva de frecuencias de diámetros

Promedios o medidas de posición...	Media aritmética ... =	30,15 cms.
	Promedio típico .... =	26,73 »
	Mediana .... =	29,60 »
	Primer cuartil ... . =	23,39 »
	Tercer cuartil...... =	36,36 »
Medidas de dispersión..	Campo de variación =	55,00 »
	Desviación típica ... =	9,06 »
	Desviación de los cuartiles......... =	6,49 »
	Coeficiente de variación .... =	30,05 %
Medidas de asimetría..	Coeficiente de Pearson............. =	+ 0,377
	Coeficiente de mediana y cs. ...... =	+ 0,042
Curtosis.....	Coeficiente β_2...... =	2,633 (platicúrtica)
Momentos...	μ_2 ...... =	0,82 dm²
	μ_3 ...... =	+ 0,23 dm³
	μ_4 ...... =	1,77 dm⁴

Valores medios del pie

Diámetro medio ...... = 30,15 cms.
Área basimétrica media = 0,0780 mts² (diámetro = 31,51 cms.)
Volumen medio. ... . = 0,825 silvos (diámetro = 32,26 »)

Clasificación de la madera (porcentajes por tamaños)

De madera pequeña	32,09 %
De madera mediana	57,16 %
De madera gruesa	10,75 %

Indicadores de densidad de masa o estado

Número de pies por hectárea	206	pies
Suma de diámetros por hectárea	62,11	mts.
Área basimétrica por hectárea	16,0666	mts²
Volumen por hectárea	170,015	silvos
Distancia media entre ejes de pies ...	6,97	mts.
Relación de esparcimiento	22,11	

MONTE «FUENTE PRADO MARÍN DE MOYA»

Conteo 1949 *Parcela 4.ª*

Cabida 4,92 has. *Número de pies 1521*

Volumen en silvos 1.154,356

Composición específica Masa pura de P. pinaster

Composición diamétrica

Valores estadísticos de la curva de frecuencias de diámetros

Promedios o medidas de posición...	Media aritmética ... =	28,94 cms.
	Promedio típico .... =	25,78 »
	Mediana .... =	28,29 »
	Primer cuartil ..... =	21,59 »
	Tercer cuartil...... =	35,85 »
Medidas de dispersión..	Campo de variación =	60,00 »
	Desviación típica ... =	9,11 »
	Desviación de los cuartiles......... =	7,13 »
	Coeficiente de variación.. .... =	31,48 %
Medidas de asimetría.	Coeficiente de Pearson............ =	+ 0,347
	Coeficiente de mediana y cs. ...... =	+ 0,060
Curtosis.....	Coeficiente β_2...... =	2,452 (platicúrtica)
Momentos ..	μ_2 . .... =	0,83 dm²
	μ_3 ...... =	+ 0,24 dm³
	μ_4 ...... =	1,69 dm⁴

Valores medios del pie

Diámetro medio ...... = 28,94 cms.
Área basimétrica media = 0,0725 mts² (diámetro = 30,38 cms.)
Volumen medio....... = 0,759 silvos (diámetro = 31,30 »)

Clasificación de la madera (porcentajes por tamaños)

De madera pequeña	34,62 %
De madera mediana	58,67 %
De madera gruesa	6,71 %

Indicadores de densidad de masa o estado

Número de pies por hectárea	309	pies
Suma de diámetros por hectárea .. .	89,48	mts.
Área basimétrica por hectárea	22,4059	mts²
Volumen por hectárea	234,625	silvos
Distancia media entre ejes de pies ...	5,69	mts.
Relación de esparcimiento	18,72	

MONTE «FUENTE PRADO MARÍN DE MOYA»

Conteo 1949 *Parcela 5.ª*

Cabida 2,51 has. *Número de pies 635*

Volumen en silvos 524,179

COMPOSICIÓN ESPECÍFICA — Masa pura de P. pinaster

COMPOSICIÓN DIAMÉTRICA

Valores estadísticos de la curva de frecuencias de diámetros

Promedios o medidas de posición...	Media aritmética ... =	29,93 cms.	
	Promedio típico .... =	24,76 »	
	Id. íd. ... =	38,32 »	(bimodal)
	Mediana .... =	28,91 »	
	Primer cuartil ..... =	22,35 »	
	Tercer cuartil ...... =	37,39 »	
Medidas de dispersión..	Campo de variación =	55,00 »	
	Desviación típica ... =	9,51 »	
	Desviación de los cuartiles.. ..... =	7,52 »	
	Coeficiente de variación .... =	31,77 %	
Medidas de asimetría..	Coeficiente de Pearson .... =	+ 0,544	
	Coeficiente de mediana y cs. .... =	+ 0,128	
Curtosis... .	Coeficiente β_2.. ... =	2,529 (platicúrtica)	
Momentos ..	μ_2 ...... =	0,90 dm²	
	μ_3 ..... =	+ 0,33 dm³	
	μ_4 .... .. =	2,18 dm⁴	

Valores medios del pie

Diámetro medio... ... = 29,93 cms.
Área basimétrica media = 0,0776 mts² (diámetro = 31,44 cms.)
Volumen medio ...... = 0,825 silvos (diámetro = 32,36 »)

Clasificación de la madera (porcentajes por tamaños)

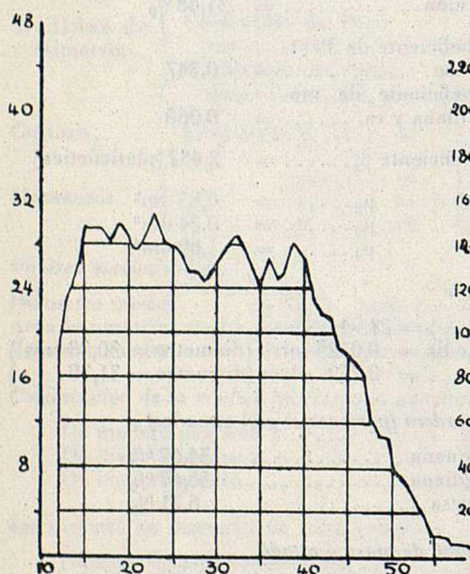
De madera pequeña	31,02 %
De madera mediana	56,18 %
De madera gruesa	12,80 %

Indicadores de densidad de masa o estado

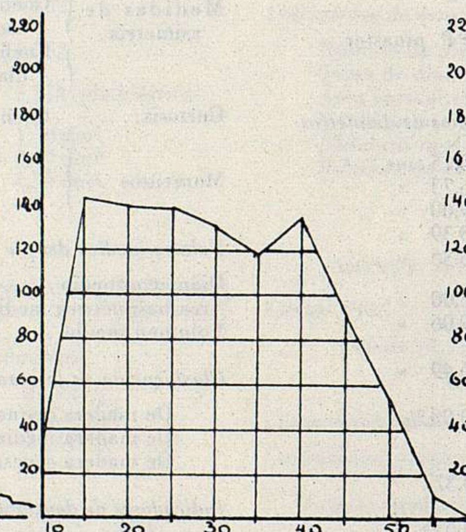
Número de pies por hectárea	253	pies
Suma de diámetros por hectárea	75,72	mts.
Área basimétrica por hectárea	19,6373	mts²
Volumen por hectárea	208,836	silvos
Distancia media entre ejes de pies ...	6,29	mts.
Relación de esparcimiento	20,00	

MONTE «FUENTE PRADO MARÍN DE MOYA»

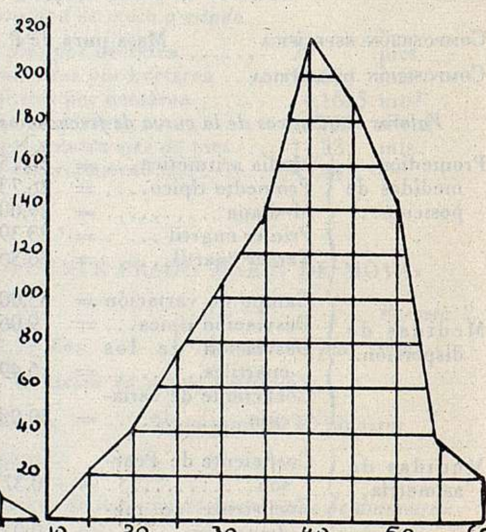
Conteo 1946 *Parcela 1.ª* *Sub-parcela a)*



FRECUENCIAS DE DIÁMETROS
(reducidas a 1.000 pies)
Curva suavizada



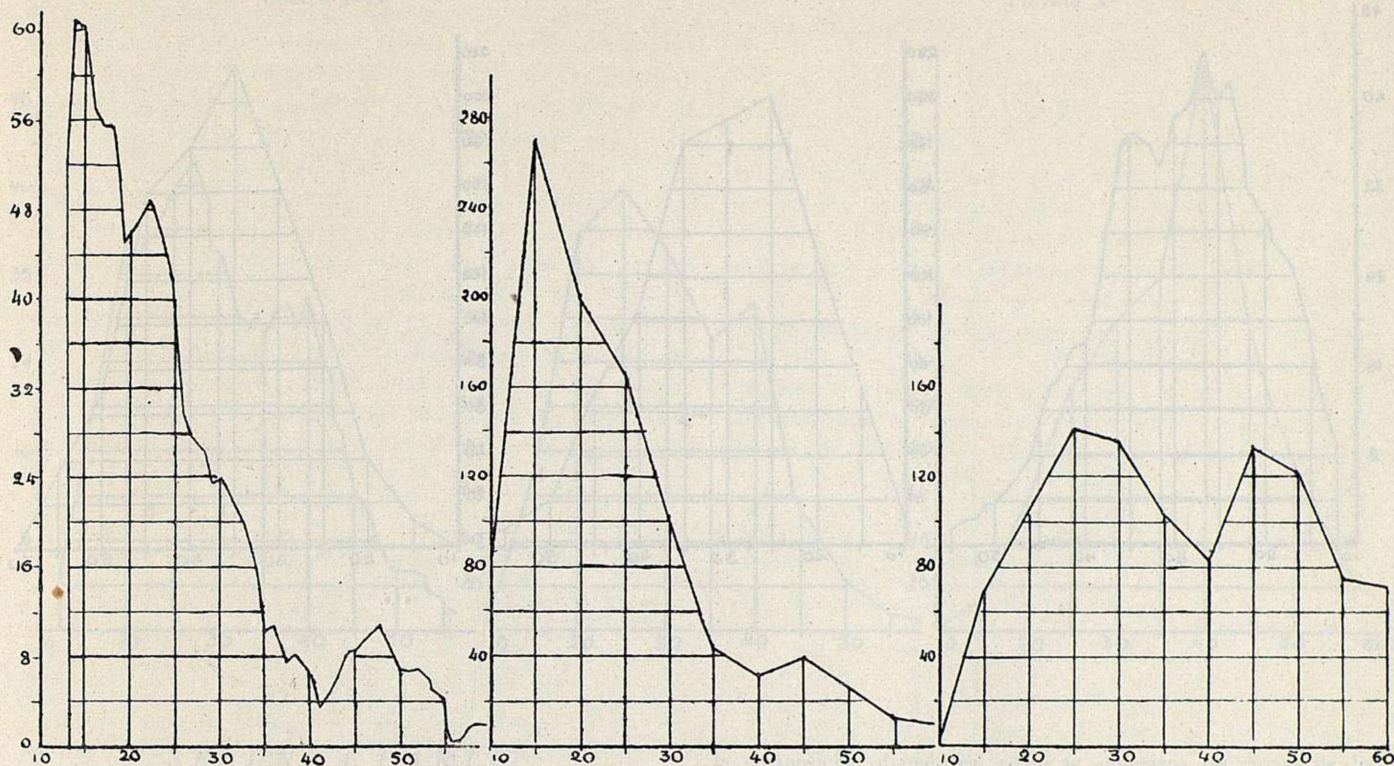
FRECUENCIAS DE DIÁMETROS
(reducidas a 1.000 pies)
Por sub-clases diamétricas



VOLUMEN EN SILVOS
(reducidas a 1.000 pies)
Por sub-clases diamétricas

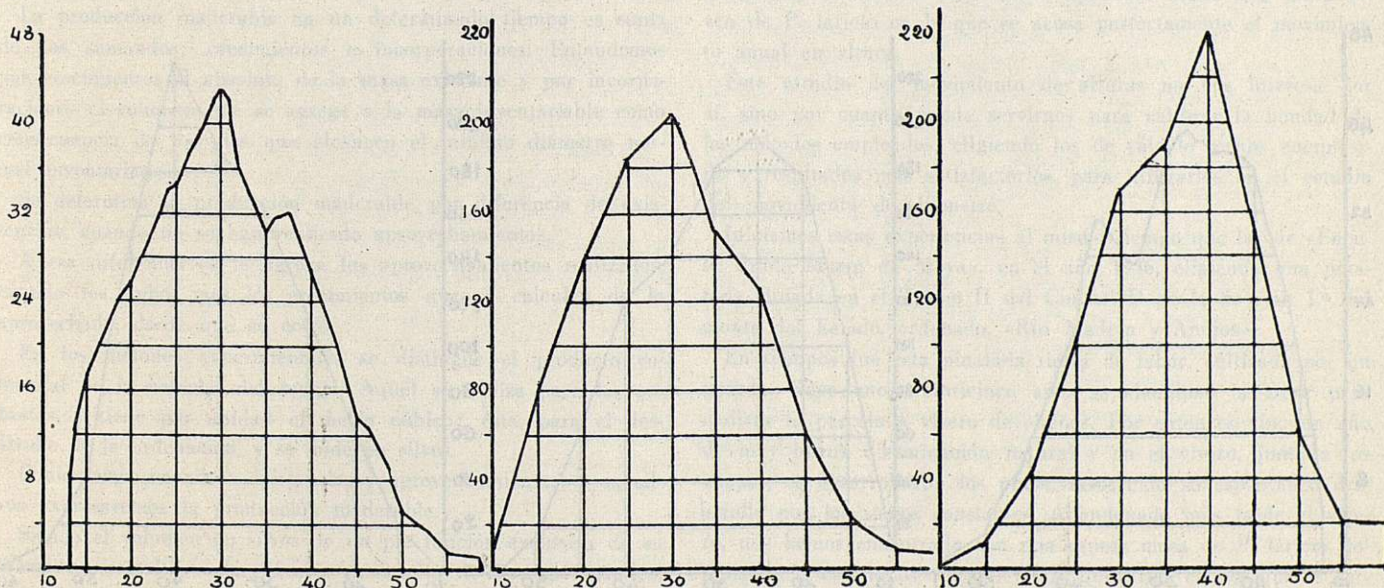
MONTE «FUENTE PRADO MARÍN DE MOYA»

Conteo 1946 *Parcela 1.ª* *Sub-parcela* b)



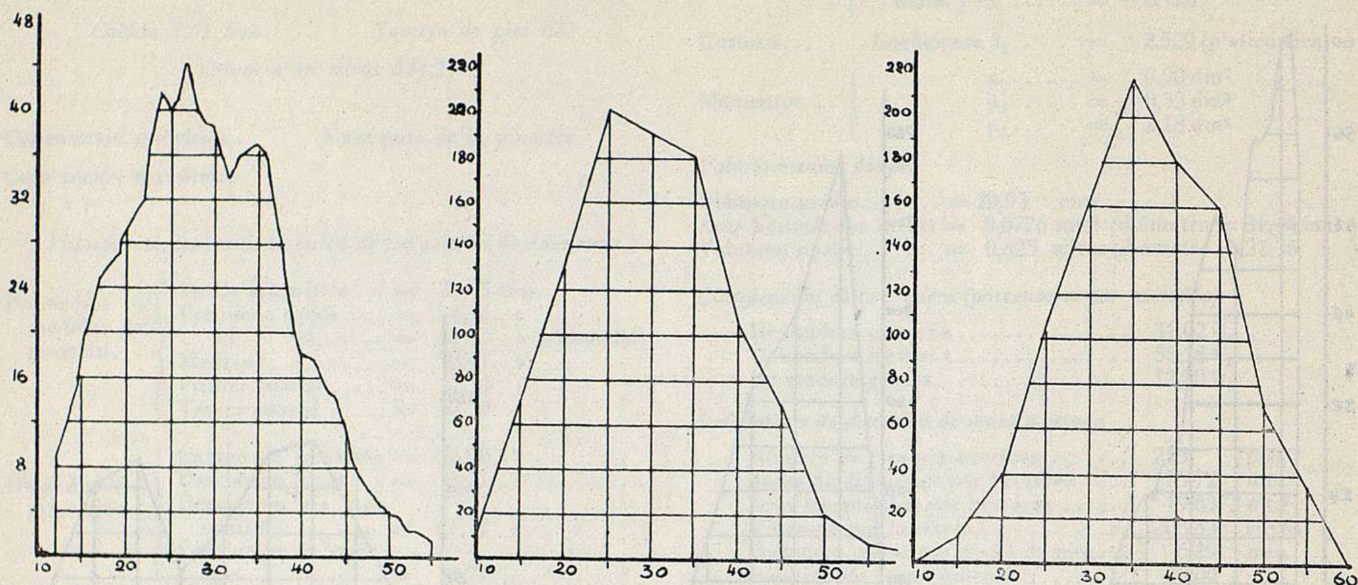
MONTE «FUENTE PRADO MARÍN DE MOYA»

Conteo 1947 *Parcela 2.ª*



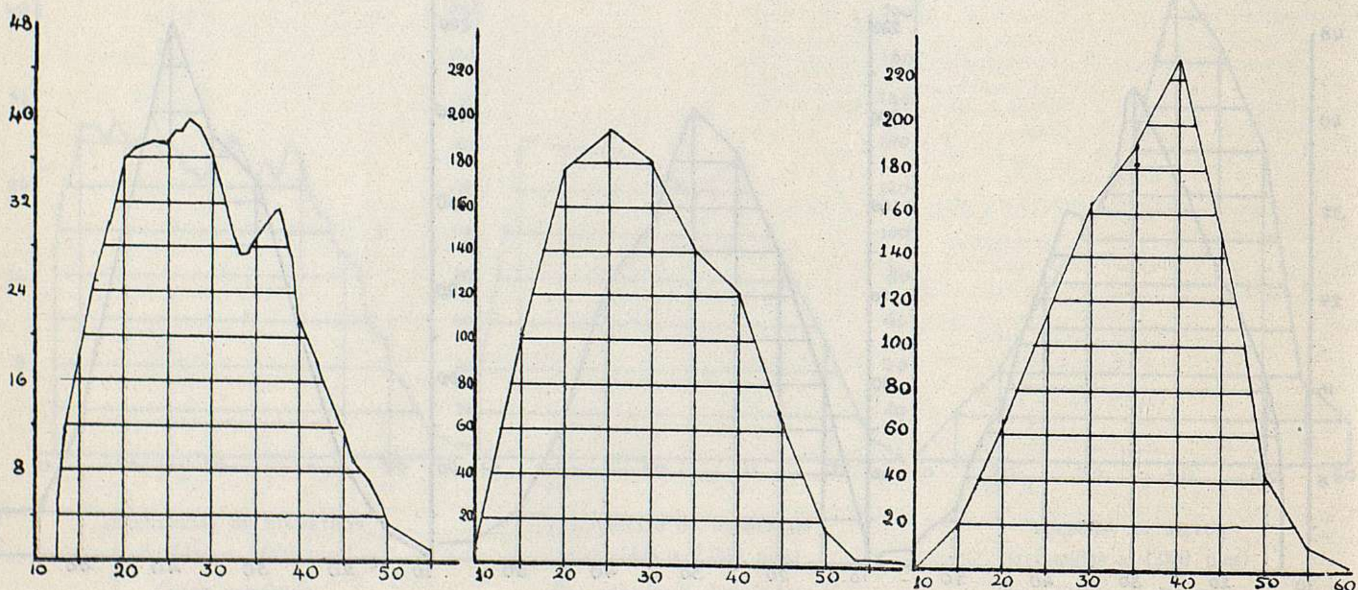
MONTE «FUENTE PRADO MARÍN DE MOYA»

Conteo 1948 *Parcela 3.ª*



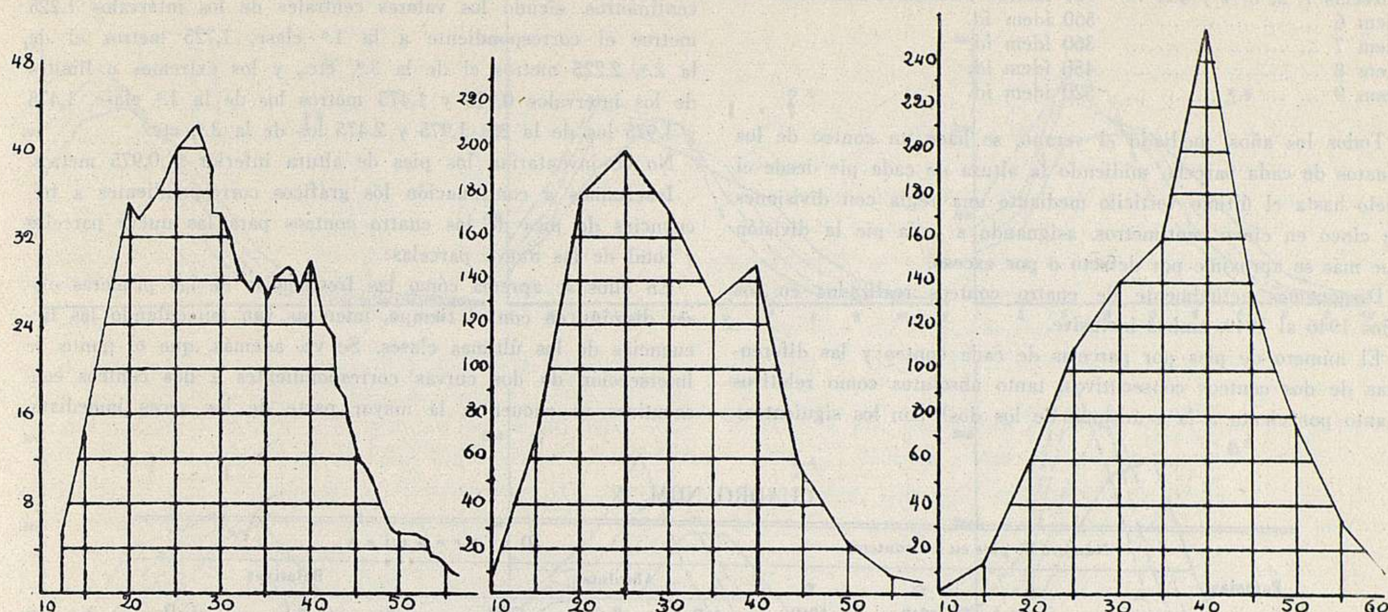
MONTE «FUENTE PRADO MARÍN DE MOYA»

Conteo 1949 *Parcela 4.ª*



MONTE «FUENTE PRADO MARÍN DE MOYA»

Conteo 1949 *Parcela 5.ª*



S E G U N D A   P A R T E

DASODINÁMICA

El vuelo de una unidad inventarial, como cosa viva, sufre modificaciones en el tiempo, independientemente de las que con el tratamiento se le imponen.

Se ocupa la *dasodinámica* del estudio de esas modificaciones, de las leyes del «movimiento» del vuelo, con vistas a determinar su producción.

La producción maderable en un determinado tiempo es suma de dos sumandos: crecimientos e incorporaciones. Entendemos por crecimientos el absoluto de la masa existente y por incorporaciones el volumen que se agrega a la masa inventariable como consecuencia de los pies que alcancen el mínimo diámetro normal inventariado.

Se determina la producción maderable por diferencia de existencias, cuando no se han realizado aprovechamientos.

A esa diferencia se le agrega los aprovechamientos realizados, cuando los hubo, más los crecimientos que se calculen de lo aprovechado, desde que se cortó.

En los métodos experimentales se distingue el producto comercial de la cosecha del monte. Aquél se utiliza para las subastas, y tiene por unidad el metro cúbico; ésta, para el desarrollo de la ordenación, y se mide en silvos.

Cubicaremos en silvos existencias y aprovechamientos, y en silvos expresaremos la producción maderable.

Siendo el volumen en silvos de un pie función exclusiva de su diámetro normal, se simplificará el estudio de la dasodinámica, al poder prescindir de variaciones de alturas y coeficientes mórficos. Lo que interesa fundamentalmente es estudiar cómo varía la composición diamétrica, cómo se «mueven» las curvas de frecuencias de diámetros.

Para el estudio del movimiento de la masa sobre curvas de frecuencias de diámetros tropezamos con la dificultad de la falta de datos, por la lentitud del crecimiento diametral. Así, en las experiencias citadas de «Fuente Prado Marín de Moya», con medición de diámetros, tendremos que esperar hasta el año 1951 para tener los primeros datos sobre movimiento.

Por esta razón nos decidimos a estudiar dasodinámica sobre curvas de frecuencias de alturas, operando sobre una masa joven de P. laricio en la que se acusa perfectamente el movimiento anual en altura.

Este estudio del movimiento de alturas no nos interesa por sí, sino por cuanto pueda servirnos para calibrar la bondad de los métodos empleados, eligiendo los de cálculo menos complicado y resultados más satisfactorios, para utilizarlos en el estudio del movimiento de diámetro.

Iniciamos estas experiencias al mismo tiempo que las de «Fuente Prado Marín de Moya», en el año 1946, eligiendo una pinatada situada en el Tramo II del Cuartel D de la Sección 1.ª del monte del Estado, ordenado, «Río Madera y Anejos».

En tiempos fué esta pinatada tierra de labor, cultivada por un guarda. Hace unos veinticinco años se abandonó la labor para dedicar la parcela a vivero de chopos. Por entonces vino un año de muy buena diseminación natural y en el vivero, junto a los chopos, se desarrollaron los pinos, favorecido su espontáneo desarrollo por los riegos constantes. Abandonado más tarde el vivero, nos hemos encontrado con una espesa masa de P. laricio dominando a los chopos que del vivero quedaron, chopos que se cortaron al iniciar nuestras experiencias.

Dividimos la pinatada en cinco parcelas cuadradas de 30 por

30 metros y en otras cuatro irregulares. O sea, en total, nueve parcelas, cuya extensión o cabida es:

Parcelas 1, 2, 3, 4 y 5... ...	900 metros cuadrados cada una.
Idem 6	560 ídem íd.
Idem 7	360 ídem íd.
Idem 8	450 ídem íd.
Idem 9	520 ídem íd.

Todos los años, mediado el verano, se hace un conteo de los pinatos de cada parcela, midiendo la altura de cada pie desde el suelo hasta el último verticilo mediante una regla con divisiones de cinco en cinco centímetros, asignando a cada pie la división que más se aproxime por defecto o por exceso.

Disponemos actualmente de cuatro conteos realizados en los años 1946 al 1949, ambos inclusive.

El número de pies por parcelas de cada conteo y las diferencias de dos conteos consecutivos, tanto absolutos como relativos (tanto por ciento a la semisuma de los dos), son los siguientes:

Reducimos a 1.000 pies en cada parcela y conteo las curvas de frecuencias por clases de alturas.

El intervalo de clase adoptado para estas curvas es el de 50 centímetros, siendo los valores centrales de los intervalos 1.225 metros el correspondiente a la 1.ª clase, 1,725 metros el de la 2.ª, 2,225 metros el de la 3.ª, etc., y los extremos o límites de los intervalos 0,975 y 1,475 metros los de la 1.ª clase, 1.475 y 1,975 los de la 2.ª, 1,975 y 2.475 los de la 3.ª, etc.

No se inventarían los pies de altura inferior a 0,975 metros.

Insertamos a continuación los gráficos correspondientes a frecuencias de pies de los cuatro conteos para las nueve parcelas y total de las nueve parcelas:

En ellos se aprecia cómo las frecuencias de las primeras clases disminuyen con el tiempo, mientras van aumentando las frecuencias de las últimas clases. Se ve, además, que el punto de intersección de dos curvas correspondientes a dos conteos consecutivos se encuentra la mayor parte de las veces inmediatamente después del máximo de la curva correspondiente al primero de los dos conteos.

CUADRO NÚM. 2

Parcelas	Número de pies en los conteos				Diferencias					
					Absolutas			Relativas		
	A 1946	B 1947	C 1948	D 1949	A-B	B-C	C-D	A-B	B-C	C-D
1.ª	5.449	5.304	5.230	5.172	145	74	58	2,70	1,40	1,12
2.ª	2.190	2.171	2.171	2.144	19	0	27	0,87	0,00	1,25
3.ª	1.423	1.450	1.437	1.435	— 27	13	2	— 1,88	0,90	0,14
4.ª	571	594	580	599	— 23	14	— 19	— 3,95	2,39	— 3,22
5.ª	1.411	1.390	1.406	1.396	21	— 16	10	1,50	— 1,14	0,71
6.ª	1.033	1.025	1.063	1.053	8	— 38	10	0,78	— 3,64	0,95
7.ª	1.053	1.081	1.087	1.066	— 28	— 6	21	2,62	— 0,55	1,95
8.ª	639	668	656	657	— 29	12	— 1	— 4,44	1,81	— 0,15
9.ª	1.932	2.005	1.962	1.973	— 73	43	— 11	— 3,71	2,17	— 0,56
Total...	15.701	15.688	15.592	15.495	13	96	97	0,08	0,61	0,62

Si no hubiese error de conteo, las diferencias positivas indicarían desaparición de pies, y las negativas, incorporación de nuevos pies a la masa inventariada. Vemos que las diferencias encontradas cambian de signo en todas las parcelas menos en la 1.ª y 2.ª Si la desaparición de pies es función —como lógicamente ha de suponerse— de la densidad (el orden de densidad, número de pies por unidad de superficie, de las parcelas es de más a menos densa: 1.ª, 9.ª, 7.ª, 2.ª, etc.) deberían darnos también diferencias positivas las parcelas 9.ª y 7.ª El que ambos presenten dos diferencias negativas y el cambio de signo en las restantes, nos induce a creer que las diferencias en los conteos se deben a errores inevitables más bien que a las pérdidas o incorporaciones de nuevos pies.

De todas maneras, aunque los hubiese, podemos prescindir de ellas, puesto que las diferencias relativas son de escaso valor: de las 27 calculadas, 10 son menores, en valor absoluto, al 1 %, 7 están entre 1 y 2 %, 5 entre 2 y 3 %, 4 entre 3 y 4 % y sólo hay una superior al 4 %.

Por consiguiente, admitiremos que en las parcelas estudiadas no ha habido desde 1946 a 1949 pérdidas de pies ni incorporaciones.

Lo primero es lógico y debido al crecimiento con la falta de incorporaciones: al crecer en altura, las primeras clases se van empobreciendo en número de pies y las últimas enriqueciendo.

Lo segundo tiene su explicación más lógica en un sensiblemente proporcional paso de pies de una determinada clase de alturas a la siguiente. O sea, que admitido sea k el coeficiente de proporcionalidad, llamando n_i y n'_i las frecuencias de la clase i de dos conteos consecutivos, tendremos:

$$n'_i = K \cdot n_i - 1 + n_i - K \cdot n_i = n_i + K (n_i - 1 - n_i)$$

Y será:

$$n'_i \gtrless n_i$$

según sea

$$n_i - 1 \gtrless n_i$$

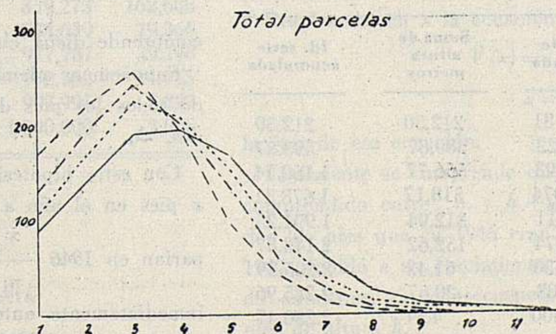
Por consiguiente, si n_i es la frecuencia máxima del primer conteo será

$$n_i - 1 < n_i > n_i + 1$$

PINATADA DE RIO MADERA

Curvas de frecuencias de las Parcelas

Año 1946
" 1947
" 1948
" 1949



Y por lo de antes,

$$n'_i < n_i \quad n'_i + 1 > n_i + 1$$

produciéndose el cruce de las dos curvas entre las clases de alturas i e $i + 1$.

Vemos también en esos gráficos la regularidad del movimiento de las curvas de frecuencias, regularidad más acusada en el total de parcelas que comprende más de 15.000 pies, como consecuencia de una mayor compensación de los errores de conteo, y, dentro de las parcelas, en la Parcela 1.ª, por la misma razón de mayor número de pies.

Nos proponemos ahora estudiar las leyes de ese movimiento. Encontrar procedimientos que nos permitan conocer la curva de frecuencias de un tercer conteo, aún no realizado, apoyándonos en el conocimiento de las curvas de frecuencias de dos conteos anteriores.

Vamos a partir de las curvas de frecuencias para el total de las parcelas correspondientes a los conteos de 1946 y 1947.

De los datos de campo formamos las siguientes tablas de frecuencias, agrupando los pies por clases de alturas:

Conteo 1946			*Conteo 1947*		
Clase	N.º de pies	Sumas de alturas metros	Clase	N.º de pies	Sumas de alturas metros
1.ª	2.694	3.336,45	1.ª	2.069	2.581,80
2.ª	3.458	5.980,00	2.ª	2.989	5.170,45
3.ª	4.019	8.898,95	3.ª	3.831	8.502,25
4.ª	3.019	8.135,80	4.ª	3.198	8.662,80
5.ª	1.544	4.913,45	5.ª	2.111	6.725,75
6.ª	651	2.396,29	6.ª	903	3.330,25
7.ª	232	964,30	7.ª	407	1.700,90
8.ª	70	324,60	8.ª	131	613,65
9.ª	14	70,75	9.ª	41	209,35
			10.ª	8	45,75
Total...	15.701	35.020,59	Total...	15.688	37.542,95

Dividiendo los valores de 1946 por 15.701 y los de 1947 por 15.688, tendremos las siguientes tablas, en las que vienen frecuencias de pies reducidas a 1.000 pies y suma de alturas reducidas también a 1.000 pies (no a 1.000 metros), de las cuales formamos las correspondientes series acumuladas:

Total parcelas conteo 1946

Clase	N.º de pies	Id. serie acumulada	Suma de altura metros	Id. serie acumulada
1.ª	171,581	171,581	212,50	212,50
2.ª	220,241	391,822	380,87	593,37
3.ª	255,971	647,793	566,77	1.160,14
4.ª	192,291	840,074	518,17	1.678,31
5.ª	98,337	938,411	312,94	1.991,25
6.ª	41,463	979,874	152,62	2.143,87
7.ª	14,776	994,650	61,42	2.205,29
8.ª	4,458	999,108	20,67	2.225,96
9.ª	0,892	1.000,000	4,51	2.230,47

Total parcelas conteo 1947

Clase	N.º de pies	Id. serie acumulada	Suma de alturas metros	Id. serie acumulada
1.ª	131,884	131,884	164,57	164,57
2.ª	190,528	322,412	329,58	494,15
3.ª	244,200	566,612	541,95	1.036,10
4.ª	203,850	770,462	552,19	1.588,29
5.ª	134,562	905,024	428,72	2.017,01
6.ª	57,560	962,584	212,28	2.229,29
7.ª	25,943	988,527	108,42	2.337,71
8.ª	8,350	996,877	39,12	2.376,85
9.ª	2,613	999,490	13,35	2.390,18
10.ª	0,510	1.000,000	2,92	2.393,10

Reducidas a 1.000 pies, la suma de alturas para el total de las parcelas es en el conteo de 1946 de 2.230,47 metros y en el de 1947, 2.393,10 metros. La diferencia 2.393,10 — 2.230,47 = 162,63 metros es el crecimiento anual en altura de mil pies. Por consiguiente, *163 milímetros* es el crecimiento anual en altura de un pie, valor medio obtenido para el total de las nueve parcelas.

Si conseguimos, mediante hipótesis de cálculo y apoyándonos en los conteos de 1946 y 1947, encontrar los crecimientos medios del pie, Δ_i, por clases de alturas i, podremos, con las mismas hipótesis y apoyándonos ahora en el conteo de 1947 y los valores calculados Δ_i, encontrar la distribución de frecuencias correspondiente al conteo de 1948, en el supuesto de que los valores encontrados Δ_i permanezcan constantes en 1947.

Variando las hipótesis, tendremos distintos procedimientos.

Dividimos éstos en dos grupos. En el primer grupo consideramos solamente frecuencias de pies; en el segundo grupo consideramos, además, la suma de alturas por clases de alturas.

En todos los procedimientos prescindimos de incorporaciones y pérdidas, o sea, suponemos que los pies que se midieron en 1946 son los que se han medido en 1947.

PRIMER GRUPO

Procedimiento a).—Suponiendo una distribución uniforme de pies en cada clase de alturas.

O sea, que si hay n pies en una clase de alturas cuya amplitud de intervalo es de 0,50 metros, admitimos que hay $\dfrac{n}{m}$ pies en cualquiera de los m intervalos de amplitud $\dfrac{0{,}50}{m}$ metros que comprende dicha clase.

Suponemos, además, que en un año el crecimiento en altura de todos los pies de una misma clase i vale lo mismo para todos, Δ_i.

Con estas hipótesis, si de los n_i pies de la clase i han pasado x pies en el año a la clase inmediata superior, los x pies ocuparían en 1946 $\dfrac{x}{n_i} \cdot 0{,}50$ metros en el intervalo de la clase i, inmediatamente antes de su límite superior, y en 1947 ocuparán la misma extensión inmediatamente después de ese límite

superior (en la clase siguiente), siendo precisamente esa longitud $\frac{x}{n_i} \cdot 0{,}50$ metros el crecimiento individual en altura de los pies de la clase i.

Llamamos n_i al número de pies de la clase de alturas i del conteo de 1946; N_i a la serie acumulada $(N_i = n_1 + n_2 + \ldots + n_i)$; n'_i y N'_i a los valores análogos correspondientes a 1947.

No habiendo incorporaciones ni pérdidas, fácilmente se comprende que la diferencia

$$N_i - N'_i$$

expresa el número de pies de la clase i que han pasado a ser de la clase $i + 1$.

Por consiguiente será:

$$\Delta_i = \frac{N_i - N'_i}{n_i} \cdot 0{,}50 \text{ metros} = 500 \frac{N_i - N'_i}{n_i} \text{ milímetros.}$$

Los cálculos se resumen en el siguiente cuadro, en el que se consignan los resultados:

Clase	N	N′	N — N′	n	Δ
1.ª	171,581	131,884	39,697	171,581	116 mms.
2.ª	391,822	322,412	69,410	220,241	158 »
3.ª	647,793	566,612	81,181	255,971	159 »
4.ª	840,074	770,462	69,612	192,281	181 »
5.ª	938,411	905,024	33,387	98,337	170 »
6.ª	979,874	962.584	17,290	41.463	208 »
7.ª	994,650	988.527	6,123	14,776	207 »
8.ª	999.108	996,877	2.231	4,458	250 »
9.ª	1.000,000	999,490	0,510	0,892	286 »

Llamando n'' y N'' los valores correspondientes al conteo de 1948 que queremos encontrar, tendremos:

$$N'_i - N''_i = \frac{n'_i \cdot \Delta_i}{500}$$

de donde obtenemos los valores N''_i de los que por restas sucesivas tendremos los de n''_i.

Clase	n'_i	Δ_i	$N'_i - N''_i$	N'_i	N''_i	n''_i
1.ª	131,884	116	30,597	131,884	131,287	101,287
2.ª	190,528	158	60,207	322,412	262,205	160,918
3.ª	244,200	159	77,656	566.612	488,956	226,751
4.ª	203,850	181	73,794	770,462	696,668	207,712
5.ª	134.562	170	45,751	905,024	859,273	162,605
6.ª	57,560	208	23.945	962,584	938,639	79,366
7.ª	25.943	207	10,740	988,527	977,787	39,148
8.ª	8,350	250	4,175	996,887	992,702	14,915
9.ª	2,613	286	1,495	999,490	997,995	5,293
10.ª	0,510	—	—	1.000,000	1.000,000	2,005

El crecimiento de los 1.000 pies será

$$\Sigma n'_i \cdot \Delta_i = 164{,}33 \text{ metros}$$

y la suma total de altura prevista para 1948 será

$$2.393{,}10 + 164{,}33 = 2.557{,}43 \text{ metros.}$$

Procedimiento b).—Con las mismas hipótesis que el anterior, pero operando sobre las frecuencias que resultan de interpolar por mínimos cuadrados a las obtenidas en 1946 y 1947 la cúbica

$$y = a\,x^3 + b\,x^2 + c\,x + d$$

Las ecuaciones resultantes son:

$$1946 \quad y = 3{,}04186\,x^3 - 1{,}84440\,x^2 - 68{,}6157\,x + 123{,}4071$$

$$1947 \quad y = 3{,}04664\,x^3 - 4{,}47867\,x^2 - 63{,}3907\,x + 140{,}9123$$

(x, en intervalos, con el origen en el valor central de la clase 5.ª, y, frecuencias reducidas a 1.000 pies).

Haciendo en estas ecuaciones $x = -2$, -1, o etc., encontramos los valores teóricos de n_i y n'_i, con los que, operando como en el procedimiento anterior, obtenemos los siguientes valores:

Clase	Δ	n''
1.ª	132	94,084
2.ª	147	180,960
3.ª	156	216,383
4.ª	165	202,168
5.ª	179	155,403
6.ª	215	93,817
7.ª	1.065	9,453
8.ª	87	37,818
9.ª	18	9,020

$\Sigma n'_i \cdot \Delta_i = 182{,}08$ metros (utilizando para n'_i no las de la curva, sino las del conteo).

Altura total = 2.393,10 + 182,08 = 2.575,12 metros.

Procedimiento c).—Suponiendo que los pies no se distribuyan uniformemente en cada clase diamétrica, sino que se refleje en cada una de ellas la marcha general de la distribución.

A la hipótesis de los procedimientos anteriores corresponde al histograma o rectángulos de frecuencias como representación gráfica. A éste, la curva continua de frecuencias.

Sean $y = f(x)$, $Y = F(x)$ ecuaciones que nos den número total de pies cuyas alturas sean iguales o menores que x, en los conteos de 1946 y 1947, respectivamente (series acumuladas de frecuencias).

El número de pies cuya altura no pasase de h metros sería en 1946

$$y_h = f(h)$$

Evidentemente será

$$F(h) < f(h)$$

pues en 1947 quedarán menos pies de altura inferior a h metros.

Resolvamos en x la ecuación

$$F(x) = f(h) \quad \text{y sea}$$

$$x = h + \Delta$$

la raíz de esa ecuación.

Fácilmente se comprende que en 1947 en el intervalo de alturas comprendido entre h y $h + \Delta$ metros estarán comprendidos todos los pies que en 1946 eran de altura inferior a h metros y en 1947, debido a su crecimiento, han sobrepasado ese valor, pudiendo admitirse, en consecuencia, que Δ es el crecimiento de los pies de altura h.

Se trata, pues, de determinar las funciones continuas $f(x)$ y $F(x)$ que nos den frecuencias acumuladas.

Para ello hemos interpolado por mínimos cuadrados en las frecuencias acumuladas una parábola de 4.º grado, una parabólica simple y una logarítmica, resultando la primera como de mejor ajuste, con gran diferencia sobre las otras.

Las parábolas de 4.º grado encontradas para 1946 y 1947 son:

$$1946: \quad y = 0{,}695804\, x^4 + 1{,}32323\, x^3 - 33{,}3910\, x^2 + 83{,}8359\, x + \\ + 941{,}648$$

$$1947: \quad Y = +\, 0{,}846737\, x^4 + 0{,}159932\, x^3 - 34{,}5903\, x^2 + \\ + 106{,}946\, x + 902{,}214$$

(x, en intervalos, con el origen en el límite superior de la clase 5.ª; y, frecuencias acumuladas).

Haciendo en la ecuación de 1946

$x = -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3,$ y 4, resulta

$y = 165, 410, 641, 824, 942, 994, 997, 985$ y 1.006.

Y resolviendo la ecuación de 4.º grado en x

$$Y = F(x) = K$$

siendo K igual a los valores encontrados antes, tendremos:

Para K =	165	$x = -3{,}795$
	410	$-2{,}670$
	641	$-1{,}631$
	824	$-0{,}611$
	942	$0{,}432$

No podemos hacer $K = 994$ y valores siguientes, pues la ecuación

$$F(x) = K$$

para esos valores no tiene raíces reales, ya que el máximo de $F(x)$ se produce para $F'(x) = 0$ $x = 1{,}9$ y vale $F(1{,}9) = 993 < 994$.

Como el intervalo es de 500 milímetros, los valores de Δ serán:

1.ª clase $\Delta = 500 \cdot (-3{,}795 + 4) = 103$ milímetros.
2.ª » $\Delta = 500 \cdot (-2{,}670 + 3) = 165$ »
3.ª » $\Delta = 500 \cdot (-1{,}631 + 2) = 185$ »
4.ª » $\Delta = 500 \cdot (-0{,}611 + 1) = 195$ »
5.ª » $\Delta = 500 \cdot (\ \ 0{,}432 - 0) = 216$ »

Para encontrar la distribución de frecuencias correspondiente a 1948, buscaremos la función $\varphi(x)$ tal que satisfaga la serie de ecuaciones

$$\varphi(x + \Delta) = F(x)$$

para los valores de Δ antes calculados correspondientes a valores de x iguales a $-4, -3, -2, -1$ y 0.

O sea, que para $x = -3{,}795$ ha de ser $\varphi(x) = 128$.

$-2{,}670$	334
$-1{,}631$	562
$-0{,}671$	761
$+0{,}432$	902

Disponemos de cinco puntos para una ecuación de 4.º grado en x.

Interpolando por la fórmula de Lagrange llegamos a la siguiente ecuación:

$\varphi(x) = 0{,}8130\, x^4 - 1{,}9078\, x^3 - 35{,}1624\, x^2 + 129{,}5423\, x + 852{,}726$, en la que haciendo $x = -4, -3, -2 \ldots$ obtenemos los valores N''_i y después, por restas sucesivas, los n''_i.

Clase	x	$\varphi(x) = N''_i$	n''_i
1.ª	—4	102	102
2.ª	—3	265	163
3.ª	—2	481	216
4.ª	—1	691	210
5.ª	0	853	162
6.ª	1	946	93
7.ª	2	969	23
8.ª	3	930	—30
9.ª	4	894	—45

Para hallar el crecimiento de mil pies, en las clases 6.ª y superiores para las que no hay valor de Δ calculado, hemos supuesto $\Delta = 216$ milímetros, crecimiento de la clase 5.ª Así, resulta:

$$\Sigma\, n_i \cdot \Delta_i = 179{,}53 \text{ metros.}$$

Altura total = 2.393,10 + 179,53 = 2.572,63 metros.

Procedimiento d).—Podemos ahorrarnos en el procedimiento anterior el cálculo de raíces de 4.º grado, acudiendo al desarrollo en serie de Taylor:

$$f(x) = F(x + \Delta) = F(x) + \Delta\, F'(x) + \frac{\Delta^2}{2!} F''(x) + \ldots\ldots$$

Despreciando a partir de los términos en Δ^2 quedará:

$$f(x) = F(x) + \Delta \cdot F'(x) \text{ de donde}$$

$$\Delta = \frac{f(x) - F(x)}{(F'\, x)}$$

Las ecuaciones son las obtenidas antes:

$$f(x) = 0{,}695804\, x^4 + 1{,}32323\, x^3 - 33{,}3910\, x^2 + \\ + 83{,}8359\, x + 941{,}648$$

$$F(x) = 0{,}846737\, x^4 + 0{,}159932\, x^3 - 34{,}5903\, x^2 + \\ + 106{,}946\, x + 902{,}214$$

$$F'(x) = 3{,}386948\, x^3 + 0{,}479796\, x^2 - 69{,}1806\, x + 106{,}946.$$

Como en estas ecuaciones por unidad de abscisas hemos tomado el intervalo, o sea medio metro, la fórmula anterior tendremos que multiplicarla por 500 para obtener los valores de Δ en milímetros.

Clase	x	$f(x)$	$F(x)$	$f(x) - F(x)$	$F'(x)$	Δ
1.ª	—4	165	128	37	174,580	106
2.ª	—3	410	334	76	227,358	167
3.ª	—2	641	562	79	220,131	180
4.ª	—1	824	761	63	173,219	182
5.ª	0	942	902	40	106,946	187
6.ª	1	994	975	19	41,632	228
7.ª	2	997	993	4	—2,400	—833
8.ª	3	985	985	0	—4,830	0
9.ª	4	1.006	1.004	2	54,665	19

En el cálculo de la distribución de 1948 acudimos también al

desarrollo en serie de Taylor para ahorrarnos la interpolación por la fórmula de Lagrange.

Recordemos que:

$$f(x) = F(x + \Delta)$$

y que ha de ser:

$$F(x) = \varphi(x + \Delta)$$

Haciendo $x + \Delta = t$, $x = t - \Delta$ resulta:

$$\left.\begin{array}{l} f(t - \Delta) = F(t) \\ F(t - \Delta) = \varphi(t) \end{array}\right\}$$

Desarrollando por Taylor, despreciando los términos en Δ^2 y eliminando Δ tendremos:

$$\left.\begin{array}{l} f(t) - \Delta\, f'(t) = F(t) \\ F(t) - \Delta\, F'(t) = \varphi(t) \end{array}\right\} \quad \frac{f(t) - F(t)}{f'(t)} = \frac{F(t) - \varphi(t)}{F'(t)}$$

de donde:

$$\varphi(t) = F(t) - \frac{F'(t)}{f'(t)} \cdot [f(t) - F(t)]$$

Por ser pequeño Δ podemos admitir $x \cong t$ y escribir:

$$\varphi(x) = F(x) - \frac{F'(x)}{f'(x)} \cdot [f(x) - F(x)]$$

Las funciones del segundo miembro son:

$$f(x) = 0{,}695804\, x^4 + 1{,}32323\, x^3 - 33{,}3910\, x^2 + \\ + 83{,}8359\, x + 941{,}648$$

$$f'(x) = 2{,}783216\, x^3 + 3{,}96969\, x^2 - 66{,}7820\, x + 83{,}8359$$

$$F(x) = 0{,}846737\, x^4 + 0{,}159932\, x^3 - 34{,}6903\, x^2 - \\ - 106{,}946\, x + 902{,}214$$

$$F'(x) = 3{,}386948\, x^3 + 0{,}479796\, x^2 - 69{,}1806\, x + 106{,}946.$$

Dando valores a x y haciendo operaciones tendremos los correspondientes de $\varphi(x)$, que pueden asimilarse a los valores N''_i, obteniéndose los de n''_i por restas sucesivas.

Clase	x	$F(x)$	$F'(x)$	$f'(x)$	$F'(x)/f'(x)$	$f(x)-F(x)$	$\varphi(x)=N''_i$	n''_i
1.ª	—4	128	174,580	236,353	0,739	37	101	101
2.ª	—3	334	227,358	244,762	0,929	76	263	162
3.ª	—2	562	220,131	211,013	1,043	79	480	217
4.ª	—1	761	173,219	151,804	1,141	61	691	211
5.ª	0	902	106,946	83,836	1,276	40	851	160
6.ª	1	975	41,632	23,807	1,749	19	942	91
7.ª	2	993	—2,400	—11,584	0,207	4	992	50
8.ª	3	985	—4,830	— 5,636	0,857	0	985	—7
9.ª	4	1.004	54,665	58,349	0,937	2	1.002	17

Para el cálculo del crecimiento de mil pies hacemos los crecimientos de las clases 7.ª y superiores iguales a 228 milímetros, crecimiento encontrado para la clase 6.ª

$$\Sigma\, n_i \cdot \Delta_i = 173{,}67 \text{ metros.}$$

Altura total = 2.393,10 + 173,67 = 2.566,77 metros.

SEGUNDO GRUPO

Consideramos ahora las frecuencias de pies y las sumas de alturas por clases de alturas.

Seguimos llamando n, n', N y N' al número de pies por clase de alturas, series simple y acumulada, correspondiente a los conteos de 1946 y 1947.

Llamamos h, h', H, H', a las sumas de alturas por clases de alturas, series simple y acumulada, correspondiente a los conteos de 1946 y 1947.

Procedimiento a).—Suponiendo una altura constante en cada clase de alturas.

O sea, que si es

$$b_{mi} = \frac{b_i}{n_i}$$

la altura media de la clase i, todos los pies de esa clase tienen la misma altura h_{mi}.

Con esta hipótesis, formamos la serie (H'), que es la acumulada de alturas del conteo de 1947 referida no a las clases de altura de ese conteo, sino al número de pies, serie acumulada, del conteo de 1946.

Tendremos:

$$(H')_i = H'_i + (N_i - N'_i) \cdot b'_{m\,(i+1)}$$

puesto que H'_i corresponde a N'_i y para formar $(H')_i$ correspondiente a N_i hay que agregar a H'_i las alturas de los pies $(N_i - N'_i)$ que en 1947 estarán en la clase $i + 1$ y cuya altura será $h'_{m\,(i+1)}$

De la serie $(H')_i$ se obtiene por restas sucesivas la $(h')_i$ y el valor de Δ será:

$$\Delta = \frac{(b')_i - b_i}{n_i}$$

pues el numerador representa lo que han aumentado en altura los n_i pies.

Para obtener la distribución de 1948, y puesto que no conocemos las alturas medias de cada clase en 1948, tendremos que admitir que sean iguales a las de 1947. O sea, que

$$b''_{mi} = b'_{mi} \cdot$$

Esto supuesto, tendremos:

De

$$(b'')_i - b'_i = n'_i \cdot \Delta_i$$

se obtienen los valores de $(h'')_i$ que, sumados, nos dan los de (H''_i).

Obtenidos éstos se acude a la fórmula

$$(H'')_i = H''_i + (N'_i - N''_i)\, b'_{m\,(i+1)}$$

en la que es

$$H''_i = H''_{i-1} + n''_i \cdot b'_{mi}$$

Y partiendo de la primera clase de alturas:

$$(H'')_1 = H''_1 + (N'_1 - N''_1) \cdot b'_{m2} = \\ = n''_1 \cdot b'_{m1} + (n'_1 - n''_2) \cdot b'_{m2}$$

en la que conocemos todo menos n''_1 que calculamos, y con este valor conoceremos

$$H''_1 = n''_1 \cdot b'_{m1}$$

Después tendremos:

$$(H'')_2 = H''_2 + (N'_2 - N''_2) \cdot b'_{m3} = (H''_1 + n''_2 \cdot b''_{m2} + \\ + (N'_2 - n''_1 - n'_2) \cdot b'_{m3}$$

Clase	n'_i	$N_i - N'_i$	$h'_{m\,(i+1)}$	H'_i	$(H')_i$	$(h')_i$	h_i	$(h')\,i - h_i$	Δ_i
1.ª	171,581	39,697	1,73	164,57	233,25	233,25	212,50	20,75	121
2.ª	220,241	69,410	2,22	494,15	648,24	414,99	380,87	34,12	155
3.ª	255,971	81,181	2,71	1.036,10	1.256,10	607,86	566,77	41,09	161
4.ª	192,281	69,612	3,19	1.588,29	1.810,35	554,25	518,17	36,08	188
5.ª	98,337	33,387	3,69	2.017,01	2.140,21	329,86	312,94	16,92	172
6.ª	41,463	17,290	4,18	2.229,29	2.301,56	161,35	152,62	8,73	211
7.ª	14,776	6,123	4,68	2.337,71	2.366,37	64,81	61,42	3,39	229
8.ª	4,458	2.231	5,11	2.376,83	2.388,23	21,86	20,67	1,19	267
9.ª	0,892	0,510	5,72	2.390,18	2.393,10	4.87	4,51	0,36	404

en la que conocemos todo menos n''_2 que calculamos, y con este valor conoceremos

$$H''_2 = H''_1 + n''_2 \,.\, h'_{m2}$$

Y así sucesivamente vamos calculando los valores de n''_i, que por sumas nos darán los de N''_i, y los de H''_i, que por restas nos darán los de h''_i.

Clase	Δ_i	n'_i	$(h'')_i - h'_i$	h'_i	$(h'')_i$	$(H'')_i$
1.ª	121	131,884	15,96	164,57	180,53	180,53
2.ª	155	190.528	29,53	329,58	359,11	539,64
3.ª	161	244,200	39,32	541,95	581,27	1.120,91
4.ª	188	203,850	38,32	552,19	590,51	1.711,42
5.ª	172	134,562	23,14	428,72	451,86	2.163,28
6.ª	211	57,560	12,15	212,28	224,43	2.387,71
7.ª	229	25,943	5,94	108,42	114,36	2.502,07
8.ª	267	8,350	2,23	39,12	41,35	2.543,42
9.ª	404	2,613	1,06	13,25	14,41	2.557,83

Clase	h'_{mi}	n''_i	N''_i	h''_i	H''_i
1.ª	1,25	99,229	99,229	124,04	124,04
2.ª	1,73	162,995	262,224	281,98	406,02
3.ª	2,22	224,674	486,898	498,78	904,80
4.ª	2,71	204,060	690,958	653,00	1.457,80
5.ª	3,19	168,842	859,800	538,61	1.996,41
6.ª	3,69	78,241	938,041	288,71	2.285,12
7.ª	4,18	38,649	976,690	161,55	2.446.67
8.ª	4,68	14,891	991,581	69,69	2.516,36
9.ª	5,11	6,179	997,760	31,57	2.547,93
10.ª	5,72	2,240	1.000,000	13,93	2.561,86

Aquí tenemos la altura total calculada, y vale 2.561,86 metros.

Procedimiento b).—Se opera como en el procedimiento anterior, pero tomando como base tanto para frecuencias de pies como suma de alturas los valores teóricos deducidos de las curvas ajustadas por mínimos cuadrados.

Las de pies que ya obtuvimos antes son:

1946: $y = 3{,}04186\,x^3 - 1{,}84440\,x^2 - 68{,}6157\,x + 123{,}4071$

1947: $y = 3{,}01664\,x^3 - 4{,}47857\,x^2 - 63{,}3907\,x + 140{,}9123$

Y las de sumas de alturas son:

1946: $y = 7{,}97057\,x^3 - 14{,}9358\,x^2 - 148{,}866\,x + 347{,}402$

1947: $y = 7{,}24850\,x^3 - 20{,}7908\,x^2 - 130{,}253\,x + 404{,}181$

(x, en intervalos, con el origen en el valor central de la clase 5.ª; y, sumas de alturas en metros).

Haciendo $x = -4, -3, -2$, etc., obtenemos los siguientes valores de n, n', h y h'.

Clase	n	n'	h	h'
1.ª	173,680	127,831	193,78	128,64
2.ª	230,524	208,517	444,37	412,11
3.ª	228,926	225,406	521,63	523,54
4.ª	187,137	196,778	473,36	506,39
5.ª	123,407	140,912	347,40	404,18
6.ª	55,989	76,090	191,57	260,39
7.ª	3,133	20,589	53,69	118,50
8.ª	—16,909	—7,309	—18,41	22,01
9.ª	14,133	10,676	23,08	14,42

con los que encontramos:

Clase	Δ	n''_i	h''_i
1.ª	148	108,810	109,90
2.ª	149	138,377	273,99
3.ª	122	202,189	469,08
4.ª	143	213,126	547,73
5.ª	250	173,312	497,41
6.ª	1.010	106,810	365,29
7.ª	negativo	—	—
8.ª	»	—	—
9.ª	»	—	—

Para los 975,534 pies (N''_6, valor teórico de las seis primeras clases, la suma de alturas es de 2.452,96 metros (el valor de $(H'')_6$). Admitiendo para los 24,466 pies restantes una altura media igual a la de los 38,426 pies de las clases 7.ª y superiores del conteo de 1947, que es:

$$\frac{163{,}81}{38{,}426} = 4{,}26 \text{ metros}$$

resulta una altura total de

$$2.452{,}96 + 4{,}26 \times 24{,}466 = 2.557{,}19 \text{ metros}$$

Procedimiento c).—Suponiendo que las alturas no son constantes en cada clase de alturas.

O sea, que dentro de una clase los pies tienen distintas alturas que varían entre los límites del intervalo de la clase.

Si llamamos Δ_1 al crecimiento en altura de los pies de la primera clase de alturas, los que han pasado desde 1946 a 1947 de la primera clase a la segunda tendrían alturas comprendidas entre 1,50 metros y $1{,}50 + \Delta_1$ metros (en realidad, tendríamos

que tomar 1,475 metros y después 1,975, 2,475, etc.). Estos pies son $(N_1 - N'_1)$.

Podemos admitir que la altura media de estos pies es la semisuma de las extremas, o sea:

$$\frac{1}{2} \cdot (1{,}50 + 1{,}50 + \Delta_1) = 1{,}50 + \frac{\Delta_1}{2} \text{ metros}$$

Con esto supuesto, podemos escribir:

$$\left[H'_1 + (N_1 - N'_1) \cdot \left(1{,}50 + \frac{\Delta_1}{2}\right)\right] - H_1 = n_1 \cdot \Delta_1$$

ecuación lineal en Δ_1, en la que el corchete representa la suma de alturas $(H')_1$ en 1947 de los N_1 pies primeros.

Resuelta esta ecuación encontramos Δ_1, que substituído en el corchete nos de el valor de $(H')_1$.

Conocido éste, planteamos la siguiente ecuación:

$$\left[H'_2 + (N_2 - N'_2) \cdot \left(2{,}00 + \frac{\Delta_2}{2}\right)\right] - (H')_1 - h_2 = n_2 \cdot \Delta_2$$

que equivale a

$$(H')_2 - (H')_1 - h_2 = (h')_2 - h_2 = n_2 \cdot \Delta_2$$

de la que encontramos Δ_2 que nos sirve para hallar $(H')_2$. Y así sucesivamente.

Las ecuaciones y los resultados se resumen a continuación:

$$164{,}57 + 39{,}697 \left(1{,}50 + \frac{\Delta_1}{2}\right) - 212{,}50 = 171{,}581\ \Delta_1$$

$$\Delta_1 = 72 \quad (H')_1 = 225{,}51$$

$$494{,}15 + 69{,}410 \left(2{,}00 + \frac{\Delta_2}{2}\right) - 225{,}51 - 380{,}87 =$$
$$= 220{,}241\ \Delta_2 \text{ ,, } \Delta_2 = 143 \text{ ,, } (H')_2 = 637{,}93.$$

$$1.036{,}10 + 81{,}181 \left(2.50 + \frac{\Delta_3}{2}\right) - 637{,}93 - 566{,}77 =$$
$$= 255{,}971\ \Delta_3 \text{ ,, } \Delta_3 = 159 \text{ ,, } (H')_3 = 1.245{,}51.$$

$$1.588{,}29 + 69{,}612 \left(3{,}00 + \frac{\Delta_4}{2}\right) - 1.245{,}51 - 518{,}17 =$$
$$= 192{,}281\ \Delta_4 \text{ ,, } \Delta_4 = 209 \text{ ,, } (H')_4 = 1.804{,}40.$$

$$2.017{,}01 + 33{,}387 \left(3{,}50 + \frac{\Delta_5}{2}\right) - 1.804{,}40 - 312{,}94 =$$
$$= 98{,}337\ \Delta_5 \text{ ,, } \Delta_5 = 202 \text{ ,, } (H')_5 = 2.137{,}24.$$

$$2.229{,}29 + 17{,}290 \left(4{,}00 + \frac{\Delta_6}{2}\right) - 2\ 17{,}24 - 152{,}62 =$$
$$= 41{,}463\ \Delta_6 \text{ ,, } \Delta_6 = 262 \text{ ,, } (H')_6 = 2.300{,}71.$$

$$2.337{,}71 + 6.123 \left(4{,}50 + \frac{\Delta_7}{2}\right) - 2.300{,}71 - 61{,}42 =$$
$$= 14{,}776\ \Delta_7 \text{ ,, } \Delta_7 = 267 \text{ ,, } (H')_7 = 2.366{,}08.$$

$$2.376{,}83 + 2{,}231 \left(5{,}00 + \frac{\Delta_8}{2}\right) - 2.366{,}08 - 20{,}67 =$$
$$= 4{,}458\ \Delta_8 \text{ ,, } \Delta_8 = 371 \text{ ,, } (H')_8 = 2.388{,}40.$$

$$2.393{,}10 - 2.388{,}40 - 4{,}51 = 0{,}892\ \Delta_9 \text{ '' } \Delta_9 =$$
$$= 213 \text{ ,, } (H')_9 = 2.393{,}10.$$

Obtenidos estos valores y para encontrar la distribución de 1948 hacemos lo siguiente: De

$$(h'')_i = n'_i \cdot \Delta_i + h'_i$$

hallamos los valores de $(h'')_i$ y por suma de éstos los de $(H'')_i$:

$$(h'')_1 = 131{,}884 \times 0{,}072 + 164{,}57 = 174{,}07 \qquad (H'')_1 = 174{,}07$$
$$(h'')_2 = 190{,}528 \times 0{,}143 + 329{,}58 = 356{,}83 \qquad (H'')_2 = 530{,}90$$
$$(h'')_3 = 244{,}200 \times 0{,}159 + 541{,}95 = 580{,}78 \qquad (H'')_3 = 1.111{,}68$$
$$(h'')_4 = 203{,}850 \times 0{,}209 + 552{,}19 = 594{,}79 \qquad (H'')_4 = 1.706{,}47$$
$$(h'')_5 = 134{,}562 \times 0{,}202 + 428{,}72 = 455{,}90 \qquad (H'')_5 = 2.162{,}37$$
$$(h'')_6 = 57{,}560 \times 0{,}262 + 212{,}28 = 227{,}36 \qquad (H'')_6 = 2.389{,}7\text{[illegible]}$$
$$(h'')_7 = 25{,}943 \times 0{,}267 + 108{,}42 = 115{,}35 \qquad (H'')_7 = 2.505{,}08$$
$$(h'')_8 = 8{,}350 \times 0{,}371 + 39{,}12 = 42{,}22 \qquad (H'')_8 = 2.547{,}30$$
$$(h'')_9 = 2{,}613 \times 0{,}213 + 13{,}35 = 13{,}91 \qquad (H'')_9 = 2.561{,}21$$

Conocidos los valores $(H'')_i$, de la fórmula

$$(H'')_i = H''_i + (N'_i - N''_i) \cdot \left[\left(\frac{i}{2} + 1\right) + \frac{\Delta_i}{2}\right]$$

obtenemos los valores H''_i, N''_i.

Aquí tenemos que admitir también que es

$$h''_{m_i} = h'_{m_i}$$

Y esto admitido será

$$h''_i = n''_i \cdot h'_{m_i}$$

$$H''_i = H''_{i-1} + h''_i = H''_{i-1} + n''_i \cdot h'_{m_i} = H''_{i-1} +$$
$$+ (N''_i - N''_{i-1})\, h'_{m_i}$$

De

$$(H'')_1 = H''_1 + (N'_1 - N''_1) \cdot \left(1{,}50 + \frac{\Delta_1}{2}\right) = n''_1 \cdot h'_{m1} +$$
$$+ (n'_1 - n''_1) \cdot \left(1{,}50 + \frac{\Delta_1}{2}\right)$$

conocemos todo menos $n''_1 = N''_1$, que calculamos, y de este valor obtenemos

$$H''_1 = n''_1 \cdot h'_{m1}$$

De

$$(H'')_2 = H''_1 + (N''_2 - N''_1) \cdot h'_{m2} + (N'_2 - N''_2)\left(2{,}00 + \frac{\Delta_2}{2}\right)$$

conocemos todo menos N''_2 que calculamos, y de este valor obtenemos

$$H''_2 = H''_1 + (N''_2 - N''_1) \cdot h'_{m2}$$

Y así sucesivamente,

$$174{,}07 = 1{,}25\, n''_1 + (131{,}884 - N''_1) \times 1{,}536.$$

$$530{,}90 = 124{,}58 + (N''_2 - 99{,}664) \times 1{,}73 +$$
$$+ (322{,}412 - N''_2) \times 2{,}0715.$$

$$1.111{,}68 = 403{,}72 + (N''_3 - 261{,}018) \times 2{,}22 +$$
$$+ (566{,}612 - N''_3) \times 2{,}5795.$$

$$1.706{,}47 = 899{,}71 + (N''_4 - 484{,}439) \times 2{,}71 +$$
$$+ (770{,}462 - N''_4) \times 3{,}1045.$$

$$2.162{,}37 = 1.457{,}50 + (N''_5 - 690{,}265) \times 3{,}19 +$$
$$+ (905{,}024 - N''_5) \times 3{,}601.$$

$$2.389,73 = 1.988,99 + (N''_6 - 856,876) \times 3,69 +$$
$$+ (962,584 - N''_6) \times 4,131.$$

$$2.505,08 = 2.289,71 + (N''_7 - 938,372) \times 4,18 +$$
$$+ (988,527 - N''_7) \times 4,6335.$$

$$2\ 547,30 = 2.446,61 + (N''_8 - 975,909) \times 4,68 +$$
$$+ (996,877 - N''_8) \times 5,1855.$$

$$2.561,21 = 2.521,04 + (N''_9 - 991,813) \times 5,11 +$$
$$+ (999,490 - N''_9) \times 5,6065.$$

Y de los valores N''_i H''_i obtenemos los n''_i h''_i.

Clase	n''_i	N''_i	h''_i	H''_i
1.ª	99,664	99,664	124,58	124,58
2.ª	161,354	261,018	279,14	403,72
3.ª	223,421	484,439	495,99	899,71
4.ª	205,826	690,265	557,79	1.457,50
5.ª	166,611	856,876	531,49	1.988,99
6.ª	81,496	938,372	300,72	2.289,71
7.ª	37,537	975,909	156,90	2.446,61
8.ª	15,904	991,813	74,43	2.521,04
9.ª	5,782	997,995	29,55	2.550,59
10.ª	2,405	1.000,000	13,76	2.564,35

Suma total de alturas = 2.564,35 metros.

Procedimiento d).—Mismo razonamiento anterior, pero hallando la serie $(H')_i$ buscando en el conteo de 1947 la función

$$H'_i = f\ (N'_i)$$

que nos da suma acumulada de alturas en función del número de pies (serie acumulada).

Dibujando la curva por puntos se ve que puede asimilarse a la parábola de segundo grado pasando por el origen

$$y = a\ x^2 + b_x$$

(x, valores de N'_i; y, ídem de H'_i).

Interpolando por mínimos cuadrados encontramos la ecuación

$$y = 0,00129142\ x^2 + 1,08677\ x$$

en la que haciendo x igual a los valores de N_i obtenemos los correspondientes de $(H'')_i$.

Después, por restas sucesivas, obtenemos los de $(h')_i$; y el valor de Δ_i se obtiene de la fórmula

$$\Delta_i = \frac{(h')_i - h_i}{n_i}$$

Clase	N_i	$(H'')_i$	$(h')_i$	h_i	$(h'_i) - h_i$	n_i	Δ_i
1.ª	172	225,13	225,13	212,50	12,63	172	73
2.ª	392	624,46	399,33	380,87	18,46	220	84
3.ª	648	1.246,50	622,04	566,77	55,27	256	216
4.ª	840	1.824,11	577,61	518,17	59.44	192	310
5.ª	938	2.155,64	331,53	312,94	18 59	98	190
6.ª	980	2.305,31	149,67	152,62	— 2,95	42	neg.
7.ª	995	2.359,87	54,56	61,42	— 6,86	15	»
8.ª	999	2.374,52	14,65	20,67	— 6,02	4	»
9.ª	1.000	2.378,19	3,67	4,51	— 0,94	1	»

De

$$(h'')_i = h'_i + \Delta_i \cdot n'_i$$

obtenemos $(h'')_i$ y por sumas $(H'')_i$

Clase	Δ_i	n'_i	$\Delta_i \cdot n'_i$	h'_i	$(h'')_i$	$(H'')_i$
1.ª	73	132	9,64	164,57	174,21	174,21
2.ª	84	191	16,04	329,58	345,62	519,83
3.ª	216	244	52,70	541,95	594,65	1.114,48
4.ª	310	204	63,24	552,19	615,43	1.729,91
5.ª	190	135	25,65	428,72	454,37	2.184,28

Tenemos valores de $(H'')_i$ de los que podemos obtener la parábola

$$y = a\ x^2 + b\ x$$

que nos da suma total de alturas de los x primeros pies. Sabemos que estos valores de $(H'')_i$ no corresponden a N''_i, sino a N'_i

Interpolando por mínimos cuadrados encontramos la ecuación:

$$y = 0,00137748\ x^2 + 1,17152\ x$$

Este procedimiento no nos da la distribución de pies y de sumas de alturas por clases de alturas. Solamente da la ecuación obtenida, suma de alturas en función de número de pies.

La suma total de alturas se obtendrá haciendo $x = 1.000$, y vale

$$1.337,48 + 1.171,52 = 2.549 \text{ metros.}$$

Procedimiento e).—Mismo procedimiento que el anterior, hallando los valores de H_i mediante la función $H_i = f\ (N_i)$ correspondiente a 1946 y los de h_i por restas sucesivas.

Interpolando por mínimos cuadrados encontramos para 1946

$$y = 0,00119637\ x^2 + 1,01922\ x$$

Haciendo en esta ecuación $x = N_i$ encontramos valores $y = H_i$.

Clase	N_i	H_i	h_i	$(h')_i$	$(h')_i - h_i$	n_i	Δ_i
1.ª	172	210,70	210,70	225,13	14,43	172	84
2.ª	392	583,37	372,67	399,33	26,66	220	121
3.ª	648	1.162,82	579,45	622,04	42,59	256	166
4.ª	840	1.700,30	537,48	577,61	40,13	192	209
5.ª	938	2.008,65	308,35	331,53	23,18	98	237
6.ª	980	2.147,83	139,18	149,67	10,49	42	250
7.ª	995	2.198,56	50,73	54,56	3,83	15	255
8.ª	999	2.212,18	13,62	14,65	1.03	4	258
9.ª	1.000	2.215,59	3,41	3,67	0,26	1	260

Y con estos valores de Δ_i, operando como en el procedimiento anterior, tendremos los de $(H'')_i$.

Clase	Δ_i	n'_i	$(h'')_i - h'_i$	h'_i	$(h'')_i$	$(H'')_i$
1.ª	84	132	11,09	164,57	175.66	175.66
2.ª	121	191	23,11	329,58	352,69	528,35
3.ª	166	244	40,50	541,95	582,45	1.110,80
4.ª	209	204	33,86	552,19	586,05	1.696,85
5.ª	237	135	32,00	428,72	460,72	2.157,57
6.ª	250	58	14,50	212,28	226,78	2.384,35
7.ª	255	26	6,63	108,42	115,05	2.499,40
8.ª	258	8	2,06	39,12	41,18	2.540,58
9.ª	260	3	0,78	13,35	14,13	2.554,71

Interpolando por mínimos cuadrados siendo

$$y = (H'')_i \quad x = N_i$$

encontramos la ecuación

$$y = 0{,}00136491\ x^2 + 1{,}16943\ x$$

Tampoco nos da este procedimiento la distribución de 1948. Suma total de alturas = 1.364,91 + 1.169,43 = 2.534,34 metros.

Procedimiento f).—Si en la ecuación encontrada para 1947

$$y = 0{,}00129142\ x^2 + 1{,}08677\ x$$

hacemos $x = N_i$, tendremos valores $y = (H')_i$.

Si en la de 1946

$$y = 0{,}00119637\ x^2 + 1{,}01922\ x$$

hacemos igualmente $x = N_i$, tendremos valores $y = H_i$.

Podemos escribir:

$$(H')_i = 0{,}00129142\ x^2 + 1{,}08677\ x$$

$$H_i = 0{,}00119637\ x^2 + 1{,}01922\ x$$

en las que $x = N_i$.

La diferencia

$$T = (H') - H = 0.00009505\ x^2 + 0{,}06755\ x$$

nos da en función de x el crecimiento en altura durante un año de los x primeros pies.

El valor Δ_x, crecimiento anual medio será el cociente incremento de T partido por incremento de x, cociente que podemos asimilar a la derivada. Por lo tanto, será:

$$\Delta_x = \frac{dT}{dx} = 0{,}00019010\ x + 0{,}06755$$

$\frac{H}{x}$ es la altura media, en 1946, de los x primeros pies.

$\frac{dH}{dx}$ será la altura media de los pies comprendidos entre los números x y $x + d\ x$.

Llamando h_{mx} a esta altura media, tendremos:

$$h_{mx} = \frac{dH}{dx} = 0{,}00239274\ x + 1{,}01922$$

Eliminando x entre las dos últimas ecuaciones, tendremos:

$$\left.\begin{array}{l}\Delta_x = 0{,}00019010\ x + 0{,}06755 \\ h_{mx} = 0{,}00239274\ x + 1{,}01923\end{array}\right\} \Delta_x = 0{,}07945\ h_{mx} - 0{,}0134$$

ecuación lineal que nos da el crecimiento en altura de un pie de altura h_{mx}.

Dando a h_{mx} los valores medios de los intervalos de las clases de alturas, tendremos los crecimientos medios Δ_i de cada clase de altura.

Clase	h_{mx}	Δ_i
1.ª	1,25	86
2.ª	1,75	126
3.ª	2,25	165
4.ª	2,75	205
5.ª	3,25	245
6.ª	3,75	285
7.ª	4,25	324
8.ª	4,75	364
9.ª	5,25	404

Para hallar la ecuación correspondiente a 1948 partimos de la fórmula encontrada antes:

$$\Delta_x = 0{,}07945\ x_{mx} - 0{,}0134$$

De la ecuación de 1947

$$H' = 0{,}00129142\ x^2 + 1{,}08677\ x$$

(siendo ahora $x = N'$) derivando tendremos:

$$\frac{dH'}{d_x} = h'_{mx} = 0{,}00258284\ x + 1{,}08677$$

Admitiendo que h'_{mx}, substituimos este valor en la primera ecuación, y queda:

$$\Delta_x = 0{,}00020520\ x + 0{,}07294$$

Recordando que son

$$\Delta_x = \frac{d\Gamma}{dx} \qquad T = (H'') - H'$$

tendremos:

$$\Delta_x = \frac{dT}{dx} = 0{,}00020520\ x + 0{,}07294$$

Integrando:

$$T = 0{,}00010260\ x^2 + 0{,}07294\ x = (H'') - H' = (H'') - (0{,}00129142\ x^2 + 1{,}08677\ x)$$

de donde

$$(H'') = y = 0{,}00139402\ x^2 + 1{,}15971\ x$$

Esta es la ecuación buscada, puesto que nos da la serie $(H'')_i$ entrando con valores de x iguales a N'_i y la serie H''_i si entramos con valores de x iguales a N''_i.

Como en los anteriores procedimientos, tampoco en éste obtenemos distribución de frecuencias y sumas de alturas por clases de alturas para 1948.

Suma total de alturas = 1.394,02 + 1.159,71 = 2.553,73 metros.

* * *

Acabamos de ver las distribuciones teóricas de frecuencias y valores de suma total de alturas que nos dan los distintos procedimientos estudiados para el conteo de 1948.

Veamos ahora la distribución y suma de alturas reales que encontramos al hacer el conteo de 1948.

CONTEO DE 1948

Clase	N.º de pies	Suma de alturas metros
1.ª	1.681	2.125,50
2.ª	2.615	4.524,65
3.ª	3.493	7.760,80
4.ª	3.222	8.768,40
5.ª	2.401	7.692,05
6.ª	1.257	4.646,45
7.ª	615	2.567,50
8.ª	203	949,60
9.ª	90	463,65
10.ª	16	90,70
11.ª	2	12,00
TOTALES...	15.592	39.601,30

Reduciéndola a 1.000 pies (dividiendo por 15.592) formamos la siguiente tabla:

TOTAL PARCELAS CONTEO 1948

Clase	Número de pies	Id. serie acumulada	Suma de alturas	Id serie acumulada
1.ª	107,812	107,812	136,32	136,32
2.ª	167,522	275,334	290,19	426,51
3.ª	224,025	499,359	497,74	924,25
4.ª	206,645	706,004	562,37	1.486,62
5.ª	153,989	859,993	493,33	1.979,95
6.ª	80,618	940,611	298,00	2.277,95
7.ª	39,443	980,054	164,67	2.442,62
8.ª	13,020	993,074	60,90	2.503,52
9.ª	5,772	998,846	29,74	2.533,26
10.ª	1,026	999,872	5,82	2.539,08
11.ª	0,128	1.000,000	0,77	2.539,85

Aplicando los mismos procedimientos a las distribuciones correspondientes a los conteos de 1947 y 1948, encontraremos valores teóricos de la distribución correspondiente al conteo de 1949.

No entramos en detalles de cálculo, porque se reducirán éstos a repartir lo anteriormente expuesto, cambiando de números.

Más adelante resumiremos los resultados obtenidos.

Consignemos ahora la distribución real encontrada en el conteo de 1949.

CONTEO DE 1949

Clase	N.º de pies	uma de alturas metros
1.ª	1.401	1.772,20
2.ª	2.239	3.882,65
1.ª	2.969	6.622,85
4.ª	3.006	8.192,30
5.ª	2.608	8.367,10
6.ª	1.675	6.190,35
7.ª	938	3.941,80
8.ª	422	1.981,15
9.ª	166	857,65
10.ª	49	277,05
11.ª	21	129,15
12.ª	1	6,50
TOTALES ...	15.495	42.200,75

que reducida a 1.000 pies (dividiendo por 15.495) nos da la siguiente tabla:

TOTAL PARCELA CONTEO 1949

Clase	Número de pies	Id. serie acumulada	Sumas de alturas metros	Id. serie acumulada
1.ª	90,416	90,416	114,37	114,37
2.ª	144,498	234,914	250,58	364,95
3.ª	191,610	426,524	427,41	792,36
4.ª	193,998	620,522	528,71	1.321,07
5.ª	168,313	788,835	539,99	1.861,06
6.ª	108,099	896,934	399,50	2.260,56
7.ª	60,535	957,469	254,39	2.514,95
8.ª	27,235	984,704	127,86	2.642,81
9.ª	10,713	995,417	55,35	2.698,16
10.ª	3.163	998,580	17,88	2.716,04
11.ª	1.355	999,935	8,34	2.724,38
12.ª	0,065	1.000,000	0,42	2.724,80

Copiamos en los siguientes cuadros las distribuciones empíricas resultantes de los conteos de 1948 y 1949 y las teóricas obtenidas por los procedimientos anteriores, apoyándonos en los conteos de 1946 y 1947 para las distribuciones de 1948 y en los de 1947 y 1948 para las de 1949.

La simple inspección de tales cuadros nos muestra cómo alguno de los procedimientos empleados nos dan distribuciones teóricas que se parecen notablemente a la real, sobre todo en cuanto a frecuencias de pies.

Como medida estadística de la bondad del ajuste de las distribuciones teóricas a la empírica o real, acudimos al método de Pearson, basado en el cálculo de x^2.

Si tenemos una distribución de frecuencias empíricas F_1, F_2, F_3 — F_n, y otra teórica f_1, f_2, f_3 — f_n, calculamos el valor.

$$x^2 = \Sigma \frac{(F_i - f_i)^2}{F_i}$$

En función de este valor x^2 y del número n de frecuencias de clase, Pearson ha calculado la probabilidad P_p de que en una muestra al azar se presenten desviaciones tan grandes o mayores que las observadas entre las frecuencias empíricas y teóricas dadas.

Este valor P_p varía entre 0 y 1. Si es igual a 1, corresponde a un caso de ajuste perfecto ($x^2 = 0$) entre las frecuencias empíricas y teóricas. Y si $P_p = 0$ (valores grandes de x^2), se dará el caso contrario, de un ajuste muy imperfecto.

Hemos tomado los valores de P_p de las tablas copiadas en el libro *Elementos de Estadística con aplicación de los datos económicos,* de Davis y Nelson.

A continuación se resumen los resultados obtenidos:

FRECUENCIAS DE PIES

Grupo	Procd.	Conteo 1948			Conteo 1949		
		n	x^2	P_p	n	x^2	P_p
1.º	*a)*	10	2.141	0,9876	11	4,829	0,9008
	b)	9	75,876	0,0000	7	62,485	0,0000
	c)	7	9,950	0,1271	11	173,118	0,0000
	d)	7	5,322	0,5050	8	98,481	0,0000
2.º	*a)*	10	3,678	0,9284	11	4,412	0,9242
	b)	6	18,346	0,0023	5	70,831	0,0000
	c)	10	3,980	0,9125	11	5,419	0,8594

SUMA DE ALTURAS

Grupo	Procd.	Conteo 1948			Conteo 1949		
		n	x^2	P_p	n	x^2	P_p
2.º	*a)*	10	68,519	0,0000	11	17,889	0,0571
	b)	6	23,283	0,0003	5	99,909	0,0000
	c)	10	15,627	0,0759	11	19,921	0,0301

Los procedimientos *d)* *e)* y *f)* del Segundo Grupo no dan distribuciones de frecuencias, sino parábolas simples que nos dan serie acumulada de alturas en función de Serie acumulada de pies.

DISTRIBUCIONES EMPÍRICAS Y TEÓRICAS DE 1948

Clases de alturas	Frecuencias por clases de alturas							
	Reales	Previstas primer grupo				Previstas segundo grupo		
		a)	*b)*	*c)*	*d)*	*a)*	*b)*	*c)*
1.ª	107,812	101,287	94,084	102	101	99,229	108,810	99,664
2.ª	167,522	160,918	180,960	163	162	162,995	135,377	161,354
3.ª	224,025	226,751	216,383	216	217	224,674	202,189	223,421
4.ª	206,645	207,712	202,168	210	211	204,060	213,126	205,826
5.ª	153,989	162,605	155,403	162	160	168,842	173,312	166,611
6.ª	80,618	79,366	93,817	93	91	78,241	166,810	81,496
7.ª	39,443	39,148	9,453	23	50	38,649	—	37,537
8.ª	13,020	14,915	37,818	—	—	14,891	—	15,904
9.ª	5,772	5,293	9,020	—	—	6,179	—	5,782
10.ª	1,154	2,005	—	—	—	2,240	—	2,405

Clases de alturas	Suma de alturas por clases de alturas			
	Reales	Previstas segundo grupo		
		a)	*b)*	*c)*
1.ª	136,32	124,04	109,90	124,58
2.ª	290,19	281,98	273,98	279,14
3.ª	497,74	498,78	469,08	495,99
4.ª	562,37	653,00	547,73	557,79
5.ª	493,33	538,61	497,41	531,49
6.ª	298,00	288,71	365,29	300,72
7.ª	164,67	161,55	—	156,90
8.ª	60,90	69,69	—	74,43
9.ª	29,74	31,57	—	29,55
10.ª	6,59	13,93	—	13,76

DISTRIBUCIONES EMPÍRICAS Y TEÓRICAS DE 1949

Clases de alturas	Frecuencias por clases de alturas							
	Reales	Previstas primer grupo				Previstas segundo grupo		
		a)	*b)*	*c)*	*d)*	*a)*	*b)*	*c)*
1.ª	90,416	88,190	98,595	66	66	83,393	105,314	79,985
2.ª	144,498	145,599	153,355	194	194	149,120	115,283	155,732
3.ª	191,610	203,739	178,195	189	190	203,322	116,835	197,736
4.ª	193,998	203,176	178,846	173	174	198,939	185,547	198,458
5.ª	168,313	167,867	161,699	149	147	167,101	242,751	168,411
6.ª	108,099	101,254	134,169	120	115	107,253	—	106,583
7.ª	60,535	57,381	116,927	89	73	57,792	—	60,002
8.ª	27,235	19,941	—	59	70	20,517	—	20,547
9.ª	10,713	10,289	—	33	—	9,479	—	9,281
10.ª	3,163	2,189	—	14	—	2,836	—	3,177
11.ª	1,355	0,385	—	5	—	0,248	—	0,088
12.ª	0,065	—	—	—	—	—	—	—

Clases de altura	Suma de alturas por clases de alturas			
	Reales	Previstas segundo grupo		
		a)	*b)*	*c)*
1.ª	114,37	105,08	100,05	100,78
2.ª	250,58	257,98	235,18	269,42
3.ª	427,41	451,37	283,91	438,97
4.ª	528,71	541,11	495,41	539,81
5.ª	539,99	534,72	699,12	538,32
6.ª	399,50	396,84	—	349,36
7.ª	254,39	240,99	—	250,21
8.ª	127,86	96,02	—	96,16
9.ª	55,35	48,82	—	47,80
10.ª	17,88	16,08	—	18,01
11.ª	8,34	1,49	—	0,53

Estas parábolas son:

Grupo	Procd.	Conteo 1948	Conteo 1949
	d)	$y = 0{,}00137748\,x^2 + 1{,}17152\,x$	$y = 0{,}0014736\,x^2 + 1{,}20660\,x$
2.º	e)	$y = 0{,}00136491\,x^2 + 1{,}16943\,x$	$y = 0{,}0014946\,x^2 + 1{,}19062\,x$
	f)	$y = 0{,}00139402\,x^2 + 1{,}15971\,x$	$y = 0{,}0014914\,x^2 + 1{,}19323\,x$

Entrando en estas ecuaciones con valores de x iguales a N encontramos los de H, que por restas sucesivas nos dan los de h, a los que podemos aplicar la comprobación de Pearson.

Si tomamos como valores de N los reales obtenidos en los conteos, tendremos:

SUMA DE ALTURAS

Grupo	Procd.	Conteo 1948 n	x^2	P_p	Conteo 1949 n	x^2	P_p
	d)	11	7,415	0,6854	No se calculó.		
1.º	e)	11	7,361	0,6906	12	8,464	0,5840
	f)	11	7,364	0,6903	No se calculó.		

Y tomando como valores de N los teóricos obtenidos con el procedimiento *a*) del primer grupo, tendremos:

Grupo	Procd.	n	x^2	P_p	n	x^2	P_p
	d)	No se calculó.			11	36,665	0,0003
2.º	e)	10	11,161	0,2657	11	35,976	0,0004
	f)	No se calculó.			11	36,084	0,0003

De la aplicación de la probabilidad de Pearson a las distribuciones teóricas, deducimos:

de los siete procedimientos estudiados que nos dan distribuciones de pies, sólo tres son aceptables: el Procedimiento *a*) del 1.er grupo y los *a*) y *c*) del 2.º grupo;

de estos tres procedimientos son los dos primeros los que dan mejor ajuste;

las distribuciones de sumas de alturas dadas por los procedimientos *a*), *b*) y *c*) del 2.º grupo dan ajustes muy imperfectos;

las parábolas encontradas por los procedimientos *d*), *e*) y *f*) del 2.º grupo dan distribuciones aceptables de sumas de alturas, siempre que entremos en ellas con valores reales de N;

tampoco nos sirven estas parábolas para encontrar distribuciones de alturas si entramos con valores teóricos de N.

O sea, que de los procedimientos estudiados, ninguno nos sirve para la distribución de alturas. Y puestos a elegir entre los de mejor ajuste para la distribución de pies entre los dos *a*) de los grupos 1.º y 2.º, nos quedamos con el del grupo 1.º por su mayor sencillez de cálculo.

Comparemos ahora los valores previstos para la suma total de alturas con el real, obtenido en el conteo.

Conteo de 1948. Suma total de alturas = 2.539,85 *metros*

Grupo	Procd.	Suma de alturas. Metros	Dif. al valor real. Metros	% de error
	a)	2.557,43	— 17,58	— 0,69
1.º	b)	2.575,12	— 35,27	— 1,39
	c)	2.572,63	— 32,78	— 1,29
	d)	2.566,77	— 26,92	— 1,06
	a)	2.561,86	— 22,01	— 0,87
	b)	2.557,19	— 17,34	— 0,68
	c)	2.564,35	— 24,50	— 0,96
2.º	d)	2.549,00	— 9,15	— 0,36
	e)	2.534,34	+ 5,51	+ 0,22
	f)	2.553,73	— 13,88	— 0,55

Conteo 1949. Suma total de alturas = 2.724,80 *metros*

Grupo	Procd.	Suma de alturas. Metros	Dif. al valor real. Metros	% de error
	a)	2.685,35	39,45	1,45
1.º	b)	2.700,03	24,77	0,91
	c)	2.716,81	7,99	0,29
	d)	2.703,83	20,97	0,77
	a)	2.690,50	34,30	1,26
	b)	2.750,75	— 25,95	— 0,95
2.º	c)	2.694,37	30,43	1,12
	d)	2.680,20	44,60	1,64
	e)	2.685,22	39,58	1,45
	f)	2.684,63	40,17	1,47

Aquí vemos que la previsión se ha cumplido satisfactoriamente en todos los procedimientos, puesto que sólo en uno —el *d*) del 2.º grupo en 1949— es superior el error al 1,5 %.

En 1948 todos los valores previstos, menos uno, son superiores al real. Y en 1949 sucede al revés: que los previstos, menos uno, son inferiores al real.

Colocando los procedimientos ordenados por los valores de sumas de alturas obtenidos, de mayor a menor:

1948 $2_e - 2_d - 2_f - 2_b - 1_a - 2_a - 2_c - 1_d - 1_e - 1_b$

1949 $2_d - 2_f - 2_e - 1_a - 2_a - 2_c - 1_b - 1_d - 1_c - 2_b$

Vemos que el orden se mantiene, con pequeñas variaciones, menos el procedimiento 2_b) que da un salto de seis lugares; y que los procedimientos de mejor ajuste de distribución, 1_a), 2_a) y 2_c) ocupan posiciones centrales.

* * *

Decididos por el procedimiento *a*) del 1.er grupo por ser el de más sencillo cálculo y resultados más satisfactorios, lo aplicaremos para encontrar la distribución de 1950 apoyándonos en los conteos de 1948 y 1949.

Podemos obtener esta distribución directamente, sin necesidad del intermedio cálculo de Δ_i recordando que

$$\Delta_i = 500\,\frac{N_i - N'_i}{n_i}$$

y que

$$N_i - N''_i = \frac{n'_i \cdot \Delta_i}{500}$$

de donde

$$N''_i = N'_i - \frac{n'_i}{n_i}(N_i - N'_i)$$

Aplicando esta fórmula obtenemos la siguiente distribución para 1950.

Conteo	x	y
1946	0	223
1947	1	239
1948	2	254
1949	3	272
1950	4	292

Para ajustar a estos puntos la logística empleamos el método de Pearl y Reed.

Clase	N	N′	N — N′	n	n'	$\frac{n'}{n}$ (N — N′)	N″	n''
1.ª	107,812	90,416	17.396	107,812	90,416	14,589	75,827	75,827
2.ª	275,334	234,914	40,420	167,522	144,498	34,865	200,049	124,222
3.ª	499,359	426,524	72,835	224,025	191,610	62,296	364,228	164,179
4.ª	706,004	620,522	85,482	206,645	193,998	80,250	540,272	176,044
5.ª	859,993	788,835	71,158	153,989	168,313	77,777	711,058	170,786
6.ª	940,611	896,934	43,677	80,618	108,099	58,566	838,368	127,310
7.ª	980,054	957,469	22,585	39,443	60,535	34,662	922,807	84,439
8.ª	993,074	984,704	8,370	13,020	27,235	17,508	967,196	44,389
9.ª	998,846	995,417	3,429	5,772	10,713	6,364	989,053	21,857
10.ª	999,872	998,580	1,292	1,026	3,163	3,983	994,597	5,544
11.ª	1.000,000	999,935	0,065	0,128	1,355	0,688	999,247	4,650
12.ª	—	1.000,000	—	—	—	—	1.000,000	0,753

El crecimiento total será:

$$\Sigma\, n'_i\, \Delta_i = 0{,}5\; \Sigma\, (N'_i - N''_i) = 0{,}5\, \Sigma\, \frac{n'_i}{n_i}(N_i - N'_i) = 195{,}77$$

Y la suma total de alturas:

$$\Sigma\, h = 2.724{,}80 + 195{,}77 = 2.920{,}57 \text{ metros.}$$

EVOLUCIÓN DE LA MASA

En este movimiento de alturas que venimos estudiando, el concepto de volumen de la mesa vendrá forzosamente substituído por el de suma total de alturas, puesto que no hemos medido diámetros.

Seguimos refiriéndonos al total de las parcelas y a la suma total de alturas reducida a 1.000 pies.

Disponemos de cinco valores, correspondientes a los años 1946 al 1950, obtenidos los cuatro primeros directamente de los respectivos conteos y el del año 1950 por el procedimiento 1.º

Nos encontramos ante una ley de crecimiento. Para determinarla se acude con frecuencia a la curva logística, de ecuación

$$y = \frac{K}{1 + be^{ax}}$$

Tomando como abscisas los tiempos (origen en 1946) y por ordenadas las sumas de alturas en decámetros, tendremos los siguientes puntos:

Tomando los tres puntos $(0, y_0)$ (x_1, y_1) y $(2x_1, y_2)$ y puesta la ecuación en la forma

$$y = \frac{K}{1 + e^{c + ax}}$$

de la que se deduce:

$$c + ax = L\frac{K - y}{y}$$

podemos escribir las tres ecuaciones siguientes:

$$c = L\,\frac{K - y_0}{y_0}$$

$$c + a \,.\, x_1 = L\,\frac{K - y_1}{y_1}$$

$$c + a \,.\, 2x_1 = L\,\frac{K - y_2}{y_2}$$

eliminando c, queda

$$a \,.\, x_1 = L\,\frac{(K - y_1)\, y_0}{(K - y_0)\, y_1}$$

$$a \,.\, 2x_1 = L\,\frac{(K - y_2)\, y_0}{(K - y_0)\, y_1}$$

de la que eliminando a resulta

$$K = \frac{2\, y_0\, y_1\, y_2 - y_1^2\,(y_0 + y_2)}{y_0\, y_2 - y_1^2}$$

Encontrado el valor de K se substituye en las ecuaciones anteriores y tendremos los valores de c y a.

Aplicando a los tres puntos (0,223), (2,254) y (4,292) tendremos:

$$K = \frac{-146.812}{600} = -244,69$$

$$a = {}^1/_2\, L\, \frac{498,69 \times 223}{467,69 \times 254} = {}^1/_2\, L\, 0,9361 = -0,033$$

$$e^c = \frac{K - y_0}{y_0} = -2,0973$$

y queda la ecuación

$$y = \frac{-244,69}{1 - 2,0973\, e^{-0,033}}$$

que es la del primer ajuste, contando con sólo tres puntos.

Para el ajuste final, con todo los puntos, escribimos la fórmula en la forma:

$$y = \frac{B}{e^{-(0,033 + h)x} + C} = \frac{B}{e^{-0,033\,x} \cdot e^{-h\,x} + C}$$

Desarrollando e^{-hx} y despreciando los términos en h^2 y siguientes del desarrollo, se tiene

$$y = \frac{B}{(1 - hx)\, e^{-0,033\,x} + C}$$

de la que pasamos a la ecuación.

$$B - C\,y + h\,x\,y\,e^{-0,033\,x} = y\,e^{-0,033\,x}$$

Cuyas tres constantes, B, C, h, se obtienen por mínimos cuadrados, siendo las ecuaciones normales:

$$B \cdot N - C\,\Sigma\, y + h\,\Sigma\, x\, y\, e^{-0,033\,x} = \Sigma\, y^2\, e^{-0,033\,x}$$

$$B\,\Sigma\, y - C\,\Sigma\, y^2 + h\,\Sigma\, x\, y^2 e^{-0,033\,x} = \Sigma\, y\, e^{-0,033\,x}$$

$$B\,\Sigma\, x\, y\, e^{-0,033\,x} - C\,\Sigma\, x\, y^2\, e^{-0,033\,x} + h\,\Sigma\, x^2 y^2\, e^{-2 \cdot 0,033\,x} = \Sigma\, x\, y^2\, e^{-2 \cdot 0,033\,x}$$

Tabulamos los cálculos de la siguiente manera:

x	y	$e^{-0,033\,x}$	y^2	$y \cdot e^{-0,033\,x}$	$x \cdot y\, e^{-0,033\,x}$	$y^2\, e^{-0,033\,x}$	$x \cdot y^2 e^{-0,033\,x}$	$x \cdot y^2\, e^{-0,066\,x}$	$x^2 \cdot y^2\, e^{-0,066\,x}$
0	223	1,00000	49 729	223,000	0	49 729	0	0	0
1	239	0,96754	57 121	231,242	231,242	55.267	55.267	53.473	53.473
2	254	0,93613	64.516	237,777	475,554	60.395	120.790	113.075	226.150
3	272	0,90574	73.984	246,361	739,083	67 010	201.030	182.081	546.243
4	292	0.87634	85.264	255,891	1.023,564	74 720	298.880	261.920	1.047.680
	1.280	4,68575	330 614	1.194,271	2.469,443	307.121	675.967	610.549	1.873,546

Y con estos valores formamos las ecuaciones:

$$5\ B - 1.280\ C + 2.469,443\ h = 1.194,271$$
$$1.280\ B - 330.614\ C + 675,967\ h = 307,121$$
$$2.469,443\ B - 675.967\ C + 1.873,546\ h = 610,549$$

$$B - 256,000\ C + 493,889\ h = 238,854$$
$$B - 258,292\ C + 528,099\ h = 239,938$$
$$B - 273,732\ C + 758,692\ h = 247,241$$

$$-\ 2,292\ C + 34,210\ h = 1,084$$
$$-\ 15,440\ C + 230,593\ h = 7,303$$

$$-\ C + 14.925,829\ h = 0,4729494$$
$$-\ C + 14.934,786\ h = 0,4729922$$

$$\left.\begin{aligned} h &= +\ 0,004472 \\ C &= -\ 0,4062 \\ B &= 132,658 \end{aligned}\right\}$$

Y la ecuación es

$$y = \frac{132.658}{e^{-0,0375\,x} - 0,4062} = \frac{-326,58}{1 - 2,4618\, e^{-0.0375\,x}}$$

Haciendo en esta ecuación x = 0, 1, 2, 3 y 4, encontraremos los valores siguientes de y.

x	y observados	y de la curva
0	223	223,41
1	239	238,17
2	254	254,37
3	272	272,17
4	292	291,88

La curva se ajusta a los puntos observados. Pero se separa de la idea que tenemos formada sobre evolución de masa, representada por la curva en S.

A esta curva se ajusta la logística cuando sus coeficientes K y b son positivos.

De la ecuación

$$y = \frac{K}{1 + be^{ax}}$$

se deduce

$$\frac{d_y}{d_x} = \frac{a}{K}\, y\,(y - K)$$

$$\frac{d^2{}_y}{dx^2} = \frac{a^2}{K^2}\, y\,(y - K)\,(2\,y - K)$$

Las dos primeras derivadas se anulan simultáneamente para los valores

$$y = 0 \qquad y = K$$

y la segunda derivada se anula para

$$y = \frac{1}{2} \mathrm{K}$$

Siendo

$$\mathrm{K} > 0 \qquad b > 0 \qquad a < 0$$

la curva tiene dos asíntotas paralelas al eje de las x (y = 0, y = K), y en su parte central toma la forma de S, con un punto de inflexión.

$$y = \frac{1}{2} \mathrm{K} \qquad x = -\frac{\mathrm{L}\, b}{a}$$

en el que culmina el crecimiento (se hace máxima la derivada primera).

En la curva encontrada

$$\mathrm{K} < 0 \qquad b < 0 \qquad a < 0$$

además de las asíntotas para lelas al eje x

$$y = 0 \qquad y = \mathrm{K} = -\ 326{,}58 \text{ decámetros}$$

encontramos otra asíntota paralela al eje y, resultante de igualar a cero el denominador

$$1 + b\, e^{ax} = 0$$

$$e^{ax} = -\frac{1}{b}$$

$$x = \frac{1}{a} \mathrm{L} \frac{-1}{b} = \frac{1}{-0{,}0375} \mathrm{L}\, 0{,}4062 = 24{,}02 \text{ años}$$

Y la ordenada toma los siguientes valores:

Para

$$x = -\infty \quad 0 \quad 24{,}02 \mp \Sigma + \infty$$

$$y = \quad 0\ 223{,}41 \pm \infty \qquad -326{,}58$$

Así, en los 1941 a 1955, las sumas totales de alturas en decámetros, calculadas por la curva encontrada, han sido y serán:

Años	Suma total de alturas Decámetros
1941	166
1942	176
1943	186
1944	198
1945	210
1946	223
1947	238
1948	254
1949	272
1950	292
1951	314
1952	338
1953	366
1954	396
1955	432

MOVIMIENTO DE LOS ESTADÍSTICOS

De las cinco curvas de frecuencias correspondientes a los conteos de 1946 a 1949 y teórico de 1950 calculamos los estadísticos medidas de posición, dispersión y asimetría, curtosis y momentos, estudiados en dasoestática.

Sin entrar en detalles de cálculo, copiamos a continuación los resultados correspondientes a las curvas de frecuencias del total de parcelas.

PROMEDIOS O MEDIDAS DE POSICIÓN

Años	Media aritmética	Diferencias	Promedio típico	Diferencias	Mediana	Diferencias	Primer Cuartil	Diferencias	Tercer Cuartil	Diferencias
1946	2,243		2,155		2,186		1,653		2,741	
		+ 0,160		+ 0,105		+ 0,153		+ 0,132		+ 0,184
1947	2,403		2,260		2,339		1,785		9,925	
		+ 0,142		+ 0,097		+ 0,138		+ 0,114		+ 0,193
1948	2,545		2,357		2.477		1,899		3,118	
		+ 0,183		+ 0,161		+ 0,187		+ 0,115		+ 0,242
1949	2,728		2,518		2,664		2,014		3,360	
		+ 0,194		+0,303		+ 0,197		+ 0,113		+ 0,268
1950	2,924		2,821		2,861		2,127		3,628	

no culminando el crecimiento por no anularse la derivada segunda.

Por esta razón, la curva encontrada no puede resolvernos el problema fundamental de cuándo llegará al punto de máxima producción, punto que coincide con la anulación de la segunda derivada.

Si no nos alejamos mucho de los puntos que nos han servido para el cálculo de la curva, podemos aprovechar ésta para conocer los valores de la masa en distintos años.

Vemos que de los tres valores medios estudiados, la media aritmética es el mayor y el promedio típico el menor. Que los movimientos (crecimientos) de media aritmética y mediana son sensiblemente iguales y superiores al del promedio típico excepto en el último año. Vemos, por último, que el movimiento es más rápido en el tercer cuartil que en el primero, lo cual es consecuencia lógica del mayor crecimiento de las clases posteriores.

La relación empírica

Promedio típico = 3 mediana — 2 media
no se cumple con los valores encontrados. Lo que a continuación se comprueba:

Año	P. típico calculado	P. típico por la fórmula	Diferencias
1946	2,155	2,072	+ 0,083
1947	2,260	2,211	+ 0,049
1948	2,357	2,341	+ 0,016
1949	2,518	2,536	— 0,018
1950	2,821	2,735	+ 0,086

En las parcelas no calcularemos la corrección de Sheppard.

MEDIDAS DE ASIMETRÍA

Año	A. de Pearson	Diferencias	A. de os cuartiles	Diferencias
1946	+ 0,117		+ 0,020	
		+ 0,061		+ 0,008
1947	+ 0,178		+ 0,028	
		+ 0,130		+ 0,024
1948	+ 0,308		+ 0,052	
		— 0,087		— 0,018
1949	+ 0,221		+ 0,034	
		— 0,112		— 0,012
1950	+ 0,099		+ 0,022	

MEDIDAS DE DISPERSIÓN

Año	Campo de variación	Dif.	D. típica	Dif.	D. cuartiles	Dif.	Coef. variac.	Dif.
1946	4,10		0,749		0,544		33,39 %	
		+ 0,90		+ 0,056		+ 0,026		+ 0,11
1947	5,00		0,805		0,570		33,50 %	
		—		+ 0,056		+ 0,040		+ 0,33
1948	5,00		0,861		0,610		33,83 %	
		+ 0,50		+ 0,090		+ 0,063		+ 1,03
1949	5,50		0,951		0,673		34,86 %	
		—		+ 0,093		+ 0,083		+ 0,84
1950	—		1,044		0,756		35,70 %	

Vemos que la dispersión aumenta con el tiempo, lo cual es lógico, pues la masa que estamos estudiando es isócrona o regular y el agrupamiento de sus alturas hacia los valores centrales viene debilitado por los dominados que se quedan por debajo y por los que se estiran buscando la luz, que quedan por encima. Y a medida que pasa el tiempo aumenta el número de dominados y dominantes, aumentando, por consiguiente, la dispersión.

El coeficiente de variación es el de más lento movimiento, debido a que el aumento de la dispersión viene compensado por el aumento de la media aritmética.

En distribuciones simétricas o moderadamente asimétricas, la desviación de los cuartiles vale aproximadamente los dos tercios (0,66) de la desviación típica. Los cocientes $\frac{Q}{\sigma}$ valen en nuestras curvas:

Año ...	1946	1947	1948	1949	1950
	0,73	0,71	0,71	0,71	0,72

Aplicando la corrección de Sheppard a las desviaciones típicas calculadas, encontramos:

Año	σ	σ_c	Dif.
1946	0,749	0,735	+ 0,014
1947	0,805	0,792	+ 0,013
1948	0,861	0,849	+ 0,012
1949	0,951	0,940	+ 0,011
1950	1,044	1,034	+ 0,010

La asimetría es positiva, esto es, dominan los valores superiores al promedio típico.

El movimiento es desconcertante: Crece la asimetría positiva de 1946 a 1948, y decrece de 1948 a 1950. Así, nos quedamos sin saber si en la lucha por la luz llegarán a ser más numerosos los vencedores (asimetría positiva) o los vencidos (asimetría negativa).

CURTOSIS

Año	β_2	Dif.
1946	3,088	
		— 0,15
1947	3,073	
		— 0,100
1948	2.973	
		— 0,085
1949	2,888	
		— 0,068
1950	2,820	

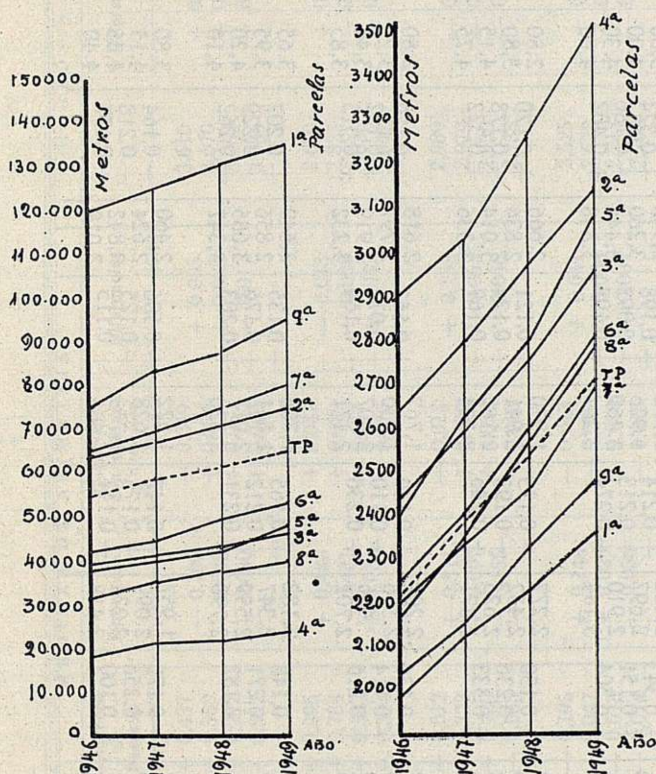
Empezaron las curvas siendo leptocúrticas, para pasar, en 1948, a platicúrticas, con valores en los cinco años muy próximos al normal de 3,000.

Se ve una clara tendencia al achatamiento y que el movimiento en este sentido no presenta gran regularidad.

MOMENTOS

Año	(μ_2)	Dif.	(μ_3)	Dif.	(μ_4)	Dif.
1946	0,540		+ 0,244		0,901	
		+ 0,088		+ 0,033		+ 0,310
1947	0,628		+ 0,277		1,211	
		+ 0,092		+ 0,031		+ 0,328
1948	0,720		+ 0,308		1,539	
		+ 0,163		+ 0,077		+ 0,715
1949	0,883		+ 0,385		2,254	
		+ 0,206		+ 0,085		+ 0,966
1950	1,089		+ 0,470		3,220	

Vemos que los momentos aumentan con el tiempo, lo cual es consecuencia, para los momentos segundo y cuarto, del aumento de la dispersión.

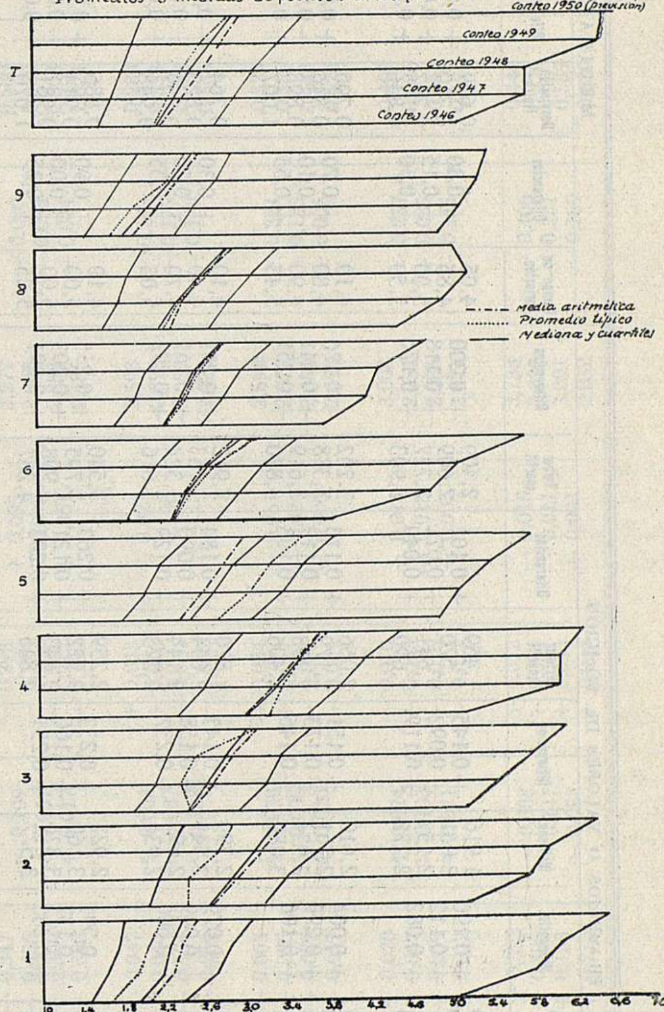


El movimiento es acelerado y es de notar la acusada diferenrencia para los tres momentos calculados entre los movimientos de 1946 a 1948 y de 1948 a 1950.

En las parcelas no calculamos los momentos terceros.

En el cuadro que a continuación copiamos viene los distintos estadísticos calculados para las curvas de frecuencias correspondientes a cada parcela y a los conteos de 1946 a 1949.

Se adjuntan gráficos en los que para parcela se fija sobre una recta de longitud igual al campo de variación la posición de los promedios en los cuatro conteos.



Parcelas	Años	PROMEDIOS O VALORES DE POSICIÓN: Media aritmética	Diferencias	Promedio típico	Diferencias	Mediana	Diferencias	Primer cuartil	Diferencias	Tercer cuartil	Diferencias	MEDIDAS DE DISPERSIÓN: Campo de variación	Diferencias	Desviación típica	Diferencias	Desviación de los cuartiles	Diferencias	Coeficiente de variación	Diferencias
1.ª	1946	1,997		1,709		1,916		1,469		2,409		4,05		0,659		0,470		33,00	
	1947	2,136	+ 0,139	1,899	+ 0,190	2,061	+ 0,145	1,570	+ 0,101	2,609	+ 0,200	4,85	+ 0,80	0,719	+ 0,060	0,520	+ 0,050	33,66	+ 0,66
	1948	2,235	+ 0,099	2,011	+ 0,112	2,153	+ 0,092	1,641	+ 0,071	2,727	+ 0,118	5,00	+ 0,15	0,767	+ 0,048	0,543	+ 0,023	34,32	+ 0,66
	1949	2,365	+ 0,130	2,093	+ 0,082	2,272	+ 0,119	1,690	+ 0,049	2,903	+ 0,176	5,50	+ 0,50	0,846	+ 0,079	0,607	+ 0,064	35,77	+ 1,45
2.ª	1946	2,640		2,406		2,610		2,066		3.202		4,10		0.790		0,568		29,92	
	1947	2,807	+ 0,167	2,410	+ 0,004	2,761	+ 0,151	2,179	+ 0,113	3,378	+ 0,176	4,80	+ 0,70	0,846	+ 0,056	0.600	+ 0,032	30,14	+ 0,22
	1948	2,981	+ 0,174	2,709	+ 0,299	2,934	+ 0,173	2,298	+ 0,119	3,619	+ 0,241	4,90	+ 0,10	0,898	+ 0,052	0.661	+ 0,061	30,12	— 0,02
	1949	3,151	+ 0,170	2,815	+ 0,106	3,080	+ 0,146	2,406	+ 0,108	3,870	+ 0,251	5,45	+ 0,55	1,007	+ 0,109	0,732	+ 0,071	31,96	+ 1,84
3.ª	1946	2,436		2,425		2,399		1,870		2,912		4,10		0,764		0,521		31,36	
	1947	2,612	+ 0,176	2,346	+ 0,079	2,541	+ 0,143	2,054	+ 0,184	3,163	+ 0,251	4,40	+ 0,30	0,823	+ 0,059	0,555	+ 0,034	31,51	+ 0,15
	1948	2.756	+ 0,144	2,395	+ 0,049	2,699	+ 0.158	2 144	+ 0,090	3,324	+ 0,161	4,70	+ 0,30	0,859	+ 0,036	0.590	+ 0,035	31.17	— 0,34
	1949	2,968	+ 0,212	3,001	+ 0,606	2,936	+ 0,237	2,273	+ 0,129	3,616	+ 0,292	5,05	+ 0,35	0,948	+ 0,089	0,672	+ 0,082	31,94	+ 0,77
4.ª	1946	2,922		3.095		2.927		2,259		3,540		4,10		0,886		0,641		30,32	
	1947	3,143	+ 0,221	3,186	+ 0,091	3.160	+ 0,233	2,522	+ 0,263	3,795	+ 0,255	5,00	+ 0,90	0,914	+ 0,028	0,637	— 0,074	29.08	— 1,24
	1948	3.305	+ 0,162	3.323	+ 0,137	3,326	+ 0,166	2.643	+ 0,121	3,998	+ 0,203	5,00	+ 0,00	0,981	+ 0,067	0,678	+ 0,041	29,68	+ 0,60
	1949	3,529	+ 0,224	3,608	+ 0,283	3,577	+ 0,251	2,846	+ 0,203	4,287	+ 0,291	5,25	+ 0,25	1,070	+ 0,089	0,721	+ 0,043	30,32	+ 0,64
5.ª	1946	2,408		2.677		2,483		1,778		2,936		3,80		0,775		0.579		32,18	
	1947	2.638	+ 0,230	3,020	+ 0,343	2.697	+ 0,214	1,976	+ 0,198	3,260	+ 0,324	4.00	+ 0,20	0,837	+ 0,062	0,642	+ 0,063	31,73	— 0,45
	1948	2,808	+ 0,170	3,171	+ 0,151	2.910	+ 0,213	2,069	+ 0,093	3,446	+ 0,186	4.30	+ 0,30	0,910	+ 0,073	0,689	+ 0,047	32,41	+ 0,68
	1949	3,085	+ 0,277	3,475	+ 0,304	3,184	+ 0,274	2,267	+ 0,198	3,848	+ 0,402	4,80	+ 0,50	1,022	+ 0,112	0.791	+ 0,102	33,13	+ 0,72
6.ª	1946	2,263		2,289		2.277		1,920		2,666		2,80		0,553		0,373		24.44	
	1947	2,415	+ 0,152	2,439	+ 0,150	2,432	+ 0,155	2,041	+ 0,121	2,836	+ 0,170	3,80	+ 1,00	0,594	+ 0,041	0.398	+ 0,025	24.60	+ 0,16
	1948	2.591	+ 0,176	2,675	+ 0,236	2,625	+ 0,193	2,165	+ 0,124	3,014	+ 0,178	4,15	+ 0,25	0,642	+ 0,048	0,425	+ 0,027	24,78	+ 0,18
	1949	2,824	+ 0,333	3,008	+ 0,333	2,871	+ 0,246	2,334	+ 0,169	3,336	+ 0,322	4.75	+ 0,60	0,725	+ 0,083	0,501	+ 0,076	25.67	+ 0,89
7.ª	1946	2,202		2,239		2,207		1,767		2,618		2,80		0,583		0,426		26,48	
	1947	2.359	+ 0,157	2,375	+ 0,136	2.356	+ 0,149	1,930	+ 0.163	2,797	+ 0,179	3,25	+ 0,45	0,637	+ 0,054	0,434	+ 0,008	27.00	+ 0,52
	1948	2,468	+ 0,109	2.489	+ 0,114	2,466	+ 0,110	2,007	+ 0,077	2.919	+ 0,122	3,40	+ 0,15	0,677	+ 0,040	0,456	+ 0,022	27.43	+ 0,43
	1949	2.713	+ 0,245	2,705	+ 0,216	2,702	+ 0,236	2,171	+ 0,164	3,232	+ 0,313	3,85	+ 0,45	0,741	+ 0,064	0,531	+ 0,075	27,31	— 0,12
8.ª	1946	2,205		2,192		2,182		1,706		2,649		3,65		0,651		0,472		29.52	
	1947	2.371	+ 0,166	2.340	+ 0,148	2.347	+ 0,165	1,841	+ 0,135	2.856	+ 0,207	3,95	+ 0,30	0,712	+ 0,061	0,508	+ 0,036	30,03	+ 0,51
	1948	2,566	+ 0,195	2.611	+ 0,271	2,559	+ 0,212	2.017	+ 0,176	3,085	+ 0,229	4,20	+ 0,25	0,768	+ 0,056	0,534	+ 0,026	29.93	— 0,10
	1949	2,803	+ 0,237	2,793	+ 0,182	2,790	+ 0,231	2,220	+ 0,203	3,347	+ 0,262	4,10	+ 0,10	0,801	+ 0,033	0,564	+ 0,030	28.58	— 1,35
9.ª	1946	2,050		1,782		1,957		1,522		2,460		3,80		0,682		0.469		33,27	
	1947	2.169	+ 0,119	1,955	+ 0,173	2,099	+ 0,142	1,628	+ 0,106	2,624	+ 0,164	4,15	+ 0,35	0.701	+ 0,019	0,498	+ 0,029	32.32	— 0,95
	1948	2,329	+ 0,160	2,211	+ 0,256	2.274	+ 0,175	1.753	+ 0,125	2,842	+ 0,218	4,35	+ 0,20	0,749	+ 0,048	0,545	+ 0,047	32,16	— 0,16
	1949	2.481	+ 0,152	2.311	+ 0,100	2,418	+ 0,144	1.866	+ 0,115	3,019	+ 0,177	4,40	+ 0,05	0,811	+ 0,062	0.576	+ 0,031	32,09	+ 0,53

Parcelas	Años	MEDIDAS DE ASIMETRIA				CURTOSIS		MOMENTOS			
		Coeficiente de Pearson	Diferencias	Coeficiente con mediana y cuartiles	Diferencias		Diferencias		Diferencias		Diferencias
1.ª	1946	+ 0,437	— 0,107	+ 0,049	+ 0,005	3,610	+ 0,060	0,413	+ 0,082	0,617	+ 0,283
	1947	+ 0,330	— 0,038	+ 0,054	+ 0,003	3,670	+ 0,094	0,495	+ 0,072	0,900	+ 0,310
	1948	+ 0,292	+ 0,030	+ 0,057	— 0,017	3,764	+ 0,022	0,567	+ 0,126	1,210	+ 0,611
	1949	+ 0,322		+ 0,040		3,786		0,693		1,821	
2.ª	1946	+ 0,296	+ 0,488	+ 0,042	— 0,013	2,690	+ 0,135	0,604	+ 0,091	0,980	+ 0,384
	1947	+ 0,784	— 0,481	+ 0,029	+ 0,008	2,825	— 0,190	0,695	+ 0,090	1,364	+ 0,261
	1948	+ 0,303	+ 0,031	+ 0,037	+ 0,042	2,635	+ 0,007	0,785	+ 0,209	1,625	+ 0,985
	1949	+ 0,334		+ 0,079		2,642		0,994		2,610	
3.ª	1946	+ 0,012	+ 0,311	— 0,013	+ 0,135	2,989	— 0,010	0,563	+ 0,092	0,948	+ 0,332
	1947	+ 0,323	+ 0,097	+ 0,122	— 0,063	2,979	— 0,049	0,655	+ 0,061	1,280	+ 0,221
	1948	+ 0,420	— 0,455	+ 0,059	— 0,046	2,930	— 0,175	0,716	+ 0,162	1,501	+ 0,624
	1949	— 0,035		+ 0,013		2,755		0,878		2,125	
4.ª	1946	— 0,195	+ 0,148	— 0,043	+ 0,041	2,525	+ 0,103	0,764	+ 0,050	1,473	+ 0,267
	1947	— 0,047	+ 0,029	— 0,002	— 0,006	2,628	+ 0,086	0,814	+ 0,127	1,740	+ 0,663
	1948	— 0,018	— 0,056	— 0,008	— 0,007	2,714	— 0,006	0,941	+ 0,184	2,403	+ 1,022
	1949	— 0,074		— 0,015		2,708		1,125		3,425	
5.ª	1946	— 0,347	— 0,109	— 0,218	+ 0,095	2,277	— 0,009	0,580	+ 0,100	0,766	+ 0,282
	1947	— 0,456	+ 0,057	— 0,123	— 0,098	2,268	— 0,038	0,680	+ 0,128	1,048	+ 0,406
	1948	— 0,399	+ 0,017	— 0,221	+ 0,061	2,230	— 0,044	0,808	+ 0,216	1,454	+ 0,838
	1949	— 0,382		— 0,160		2,186		1,024		2,292	
6.ª	1946	— 0,047	+ 0,003	+ 0,043	— 0,027	2,593	+ 0,285	0,288	+ 0,044	0,211	+ 0,107
	1947	— 0,044	— 0,087	+ 0,016	— 0,100	2,878	+ 0,175	0,332	+ 0,061	0,318	+ 0,152
	1948	— 0,131	— 0,123	— 0,084	+ 0,12	3,053	— 0,129	0,393	+ 0,112	0,470	+ 0,276
	1949	— 0,254		— 0,072		2,924		0,505		0,746	
7.ª	1946	— 0,063	+ 0,038	— 0,034	+ 0,051	2,598	+ 0,221	0,320	+ 0,065	0,265	+ 0,151
	1947	— 0,025	— 0,006	+ 0,017	— 0,024	2,819	— 0,135	0,385	+ 0,053	0,416	+ 0,100
	1948	— 0,031	+ 0,020	— 0,007	+ 0,006	2,684	+ 0,006	0,438	+ 0,090	0,516	+ 0,235
	1949	— 0,011		— 0,001		2,690		0,528		0,751	
8.ª	1946	+ 0,020	+ 0,024	— 0,010	+ 0,013	3,008	— 0,257	0,403	+ 0,083	0,489	+ 0,161
	1947	+ 0,044	— 0,103	+ 0,003	— 0,018	2,751	+ 0,035	0,486	+ 0,081	0,650	+ 0,247
	1948	— 0,059	+ 0,071	— 0,015	+ 0,003	2,786	— 0,115	0,567	+ 0,054	0,897	+ 0,133
	1949	+ 0,012		— 0,012		2,671		0,621		1,030	
9.ª	1946	+ 0,393	— 0,088	+ 0,072	— 0,018	3,738	— 0,406	0,444	+ 0,026	0,737	— 0,001
	1947	+ 0,305	— 0,147	+ 0,054	— 0,011	3,332	— 0,331	0,470	+ 0,069	0,736	+ 0,136
	1948	+ 0,158	+ 0,052	+ 0,043	+ 0,001	3,001	— 0,169	0,539	+ 0,100	0,872	+ 0,283
	1949	+ 0,210		+ 0,044		2,832		0,639		1,155	

TERCERA PARTE

ESTUDIO DE CORRELACIONES

Tratamos ahora de estudiar cómo influyen en el movimiento de la masa, en su producción, los distintos estadísticos e indicadores que definen y concretan la organización íntima de la masa, su dasoestática, al iniciarse el movimiento estudiado.

Tendremos que acudir para ello al estadístico que mide la interdependencia de dos variables, al coeficiente de correlación.

Si tenemos N pares de valores de las variables X, Y, llamando M_x M_y a las medias aritméticas

$$M_x = \frac{\Sigma X}{N} \qquad M_y = \frac{\Sigma Y}{N},$$

x y a las desviaciones a la media.

$$x = X - M_x \qquad y = Y - M_y,$$

σ_x σ_y a las desviaciones típicas

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\Sigma x^2}{N}} \qquad \sigma_y = \sqrt{\frac{\Sigma y^2}{N}},$$

se calcula el coeficiente de correlación por cualquiera de las tres fórmulas,

$$r_{xy} = \frac{\Sigma x y}{\sqrt{\Sigma x^2 \Sigma y^2}} = \frac{\Sigma XY - N M_x M_y}{N \sigma_x \cdot \sigma_y} = \frac{\frac{1}{N} \Sigma XY M_x M_y}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$$

Cuando se conoce la correlación entre cada par de tres variables, el coeficiente de correlación parcial nos da la correlación que encontraríamos entre dos de ellas en una población seleccionada de modo que la tercera variable fuese constante y se calcula por la fórmula

$$r_{12 \cdot 3} = \frac{r^{12} - r_{13} \cdot r_{23}}{\left(1 - r^2_{13}\right)\left(1 - r^2_{23}\right)}$$

Al tratar de dasodinámica nos vimos obligados, por falta de datos sobre movimiento de diámetros, a reducir nuestro estudio al del movimiento de alturas.

Por la misma razón de falta de datos, tendremos que estudiar la relación de dasodinámica con dasoestática apoyándonos en los conteos realizados en la citada pinatada de Río Madera, con medida exclusiva de alturas.

Tiene esto el grave inconveniente de que no podremos deducir de este estudio conclusiones concretas sobre tratamiento.

Nos ncontramos además con un escaso número de valores, veintisiete —nueve parcelas y cuatro conteos— en que apoyar el cálculo de los distintos coeficientes de correlación, lo que disminuye su significación.

Por lo que será esta tercera parte, como la segunda, un estudio de procedimientos y no un caso concreto de aplicación.

Tomemos de los cuadros de las páginas 440 y 441 los distintos valores: media aritmética, promedio típico y mediana, desviación típica y desviación de los cuartiles; coeficiente de asimetría de Pearson y coeficiente de asimetría de mediana y cuartiles.

Para los tres primeros conteos (veintisiete valores para cada variable), calculamos los coeficientes de correlación entre variables análogas con los siguientes resultados:

VARIABLES	Coeficiente de correlación
Media aritmética y promedio típico	+ 0,882
Media aritmética y mediana	+ 0,991
Promedio típico y mediana	+ 0,931
Desviación típica y de los cuartiles	+ 0,968
Coeficiente de Pearson y de mediana y cuartiles.	+ 0,790

Como era de esperar, las correlaciones son positivas y francamente acusadas.

La menos fuerte es la última consignada, correspondiente a las dos medidas de asimetría.

Podemos, por lo tanto, tomar un solo estadístico de cada clase de medida y, en lo sucesivo, nos referiremos exclusivamente a los siguientes:

Medida de posición	Media aritmética.
» de dispersión	Desviación típica.
» de asimetría	Coeficiente de Pearson.
Curtosis	Coeficiente β_2

En las parcelas que venimos estudiando admitimos que no hay pérdidas de pies, ni tampoco incorporaciones de nuevos pies. De esta hipótesis se deduce que la variable media aritmética será creciente con el tiempo, como consecuencia del crecimiento individual de todos los pies de la parcela.

El cálculo de los coeficientes de correlación entre media aritmética y las otras tres variables consideradas da los siguientes resultados:

Media aritmética y	Coeficientes de correlación			
	1946 con 9 pares	1947 con 9 pares	1948 con 9 pares	Los tres años con 27 pares
Desviación típica	+ 0,784	+ 0,780	+ 0,783	+ 0,812
Coeficiente de Pearson ...	— 0,480	— 0,066	— 0,123	— 0,198
Coeficiente β_2	— 0,643	— 0,676	— 0,581	— 0,592

Vemos que la correlación entre desviación típica y media aritmética es francamente positiva, o sea, que la dispersión aumenta con la media aritmética, y, por consiguiente, con el tiempo; hay una débil correlación negativa entre asimetría y media aritmética, lo que nos indica —hecha la salvedad de la escasa significación del coeficiente encontrado — 0,198— que la asimetría tiende con el tiempo a ser negativa; y la correlación negativa encontrada entre coeficiente β_2 y media aritmética nos dice que las curvas de frecuencia tienden a ser platicúrticas, a aplanarse.

A estas cuatro variables que corresponden a «composición diamétrica» —de alturas en nuestro caso— y puesto que la especie es única, por lo que no ha lugar a considerar la «composición específica», tendremos que agregar alguna correspondiente a densidad de masa o estado.

Tomamos la variable número de pies por unidad superficial

que calculamos dividiendo el número de pies de cada parcela en los tres primeros conteos —1946, 1947 y 1948— por la cabida de la parcela.

Con ésta, tendremos las cinco siguientes variables correspondientes a dasoestática de la parcela.

Variables	Corresponden a
x_1.—Número de pies por área	Densidad
x_2—Media aritmética en milímetros	Medida de posición
x_3.—Desviación típica en milímetros	Medida de dispersión
x_4—Coeficiente de Pearson en milésimas...	Medida de asimetría
x_5.—Coeficiente β_2 en centésimas	Medida de curtosis

de cada una de las cuales tomaremos veintisiete valores (nueve parcelas y conteos 1946, 1947 y 1948).

Correspondientes a movimiento calculamos las tres siguientes variables:

Variable y_1.—Producción de la parcela o crecimiento absoluto, expresada en decámetros por hectárea y obtenido por diferencia entre suma total de alturas por hectárea de dos años consecutivos.

Variable y_2.—Crecimiento medio de un pie en milímetros. Obtenido por diferencia entre la suma de alturas reducidas a mil pies de dos años consecutivos.

Variable y_3.—Crecimiento relativo, expresado en centésimas de tanto por ciento y obtenido dividiendo la variable y_1 o producción por la suma total de alturas por hectárea correspondiente al primero de los dos años en que se apoya el cálculo de y_1.

De estas tres variables, tendremos también veintisiete valores (nueve parcelas y tres diferencias 1947-1946, 1948-1947 y 1949-1948).

Copiamos a continuación los valores de suma total de alturas por hectárea y suma total de alturas reducidas a 1.000 pies, en los que apoyamos el cálculo de las tres variables de movimiento.

Parcelas	Sumas de alturas en metros por ha.				Sumas de alturas en metros por 1 000 pies			
	1946	1947	1948	1949	1946	1947	1948	1949
1.ª	120.225	125.191	129.471	135.702	1.985,73	1.124,27	2.227,98	2.361,41
2.ª	63.977	67.598	71.946	75.018	2.630,02	2.802,32	2.982,54	3.149,07
3.ª	38.169	41.793	44.054	47.216	2.414,09	2.594,03	2.759,15	2.961,29
4.ª	18.439	20.690	21.189	23.470	2.906,39	3.134,85	3.288,02	3.526,38
5.ª	37.599	40.572	43.732	47.804	2.398,26	2.626,94	2.799,32	3.081,95
6.ª	41.577	44.110	49.097	53.030	2.253,92	2.409,90	2.586,97	2.820,23
7.ª	64.099	70.511	74.479	80.165	2.191,41	2.348,20	2.466,65	2.707,27
8.ª	31.039	35.141	37.307	40.864	2.185,84	2.367,29	2.559,15	2.798,93
9.ª	75.563	83.214	87.616	94.178	2.033,77	2.158,18	2.322,15	2.482,13

Se adjuntan los gráficos correspondientes a esta tabla, página 450.

Los valores encontrados para las ocho variables que consideramos se copian en el siguiente cuadro:

Parcelas	1947-1946			1946				
	y_1	y_2	y_3	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
1.ª	497	139	413	606	200	659	+ 437	361
2.ª	362	172	566	243	264	790	+ 296	269
3.ª	362	180	949	158	244	764	+ 12	299
4.ª	225	228	1.221	63	292	886	— 195	252
5.ª	297	229	791	157	241	775	— 347	228
6.ª	253	156	609	184	226	553	— 47	259
7.ª	641	157	1.000	293	220	583	— 63	260
8.ª	410	181	1.322	142	221	651	+ 20	301
9.ª	765	124	1.013	371	205	682	+ 393	374

Parcelas	1948-1947 y_1	y_2	y_3	1947 x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
1.ª	428	104	342	589	214	719	+ 330	367
2.ª	435	180	643	241	281	846	+ 784	283
3.ª	226	165	541	161	261	823	+ 323	298
4.ª	50	153	241	66	314	914	— 47	263
5.ª	316	172	779	154	264	837	— 456	227
6.ª	499	177	1.131	183	242	549	+ 44	288
7.ª	397	118	563	300	236	637	— 25	282
8.ª	217	192	616	148	237	712	+ 44	275
9.ª	440	164	529	386	217	701	+ 305	333

Parcelas	1949-1948 y_1	y_2	y_3	1948 x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
1.ª	623	133	481	581	224	767	+ 292	376
2.ª	307	167	427	241	298	898	+ 303	264
3.ª	316	202	718	160	276	859	+ 420	293
4.ª	228	238	1.077	62	331	981	— 18	271
5.ª	407	283	931	156	281	910	— 399	223
6.ª	393	233	801	190	259	642	— 131	305
7.ª	569	241	763	302	247	677	— 31	268
8.ª	356	240	953	146	257	768	— 59	279
9.ª	656	160	749	377	233	749	+ 158	300

De esta tabla calculamos los siguientes estadísticos, separadamente para cada nueve valores y para el conjunto de los veintisiete.

Medias aritméticas

M_{y_1}	M_{y_2}	M_{y_3}	M_{x_1}	M_{x_2}	M_{x_3}	M_{x_4}	M_{x_5}
433,56	174,00	876,00	246,33	234,78	704,78	56,22	289,22
334,22	158,33	598,33	247,56	251,78	753,67	134,89	290,67
428,33	210,78	766,67	246,11	267,33	805,67	59,44	286,56
395,37	181,04	747,00	246,67	251,30	754,70	83,52	288,81

Desviaciones típicas

σ_{v_1}	σ_{v_2}	σ_{y_3}	σ_{x_1}	σ_{x_2}	σ_{x_3}	σ_{x_4}	σ_{x_5}
170,5	33,9	288,0	153,2	27,5	101,0	251,6	47,0
136,5	27,5	240,7	149,7	30,1	100,4	328,6	37,8
143,0	45,7	199,7	147,2	31,5	106,7	242,2	39,1
156,8	42,6	270,7	150,1	32,6	110,7	279,2	41,6

Coeficientes de correlación

$r_{y_1 x_1}$	$r_{v_1 x_2}$	$r_{y_1 x_3}$	$r_{y_1 x_4}$	$r_{y_1 x_5}$
+ 0,615	— 0,682	— 0,418	+ 0,580	+ 0,674
+ 0,614	— 0,650	— 0,672	+ 0,285	+ 0,429
+ 0,851	— 0,883	— 0,616	+ 0,082	+ 0,482
+ 0,658	— 0,640	— 0,489	+ 0,273	+ 0,518

Coeficientes de correlación

$r_{y_2 x_2}$	$r_{y_2 x_2}$	$r_{y_2 x_3}$	$r_{y_2 x_4}$	$r_{y_2 x_5}$
— 0,739	+ 0,768	+ 0,681	— 0,821	— 0,760
— 0,687	+ 0,315	+ 0,188	— 0,017	— 0,531
— 0,755	+ 0,410	+ 0,115	— 0,829	— 0,753
— 0,615	+ 0,515	+ 0,374	— 0,505	— 0,606

Coeficientes de correlación

$r_{y_3} x_1$	$r_{y_3} x_2$	$r_{y_3} x^3$	$r_{y_3} x_4$	$r_{y_3} x_5$
— 0,591	+ 0,241	+ 0,206	— 0,404	— 0,013
— 0,254	— 0,185	— 0,511	— 0,248	— 0,321
— 0,698	+ 0,389	+ 0,195	— 0,680	— 0,490
— 0,459	+ 0,042	— 0,083	— 0,412	— 0,249

Estos coeficientes de correlación, calculdos nos indican:

La producción es mayor en las parcelas más densas, de menor altura media, de menor dispersión, de asimetría positiva y leptocúrticas.

El crecimiento medio es mayor en las parcelas de menor densidad, mayor altura media, mayor dispersión, asimetría negativa y platicúrticas.

El crecimiento relativo es mayor en las parcelas de menor densidad, asimetría negativa y platicúrticas.

Los coeficientes de correlación antes encontrados entre x_2 y las variables x_3, x_4, x_5 que para los 27 valores eran:

$$r_{x_2} x_3 = +0{,}812 \qquad r_{x_2} x_4 = -0{,}198 \qquad r_{x_2} x_5 = -0{,}592\,,$$

influyen en los cálculos ahora en el sentido de que los coeficientes r_y, x_3 son del mismo signo que los r_y x_2 y los r_y x_4 r_y x_5 son de signo contrario.

Por esta razón nos detendremos solamente en los coeficientes r_{yx_1} r_{yx_2}.

Es completamente lógico el signo positivo de r_{y_1} x_1: A mayor densidad, mayor producción. Por el contrario, el negativo de r_{y_1} x_2 no concuerda con la idea que nos formamos al estudiar la evolución de la masa para el total de las parcelas. Vimos entonces que no se había llegado al punto de máximo crecimiento y, por consiguiente, la producción aumenta con la altura media, lo que corresponde a un signo positivo de r_{y_1} x_2.

Tampoco el fuerte valor negativo encontrado para r_{y_2} x_1 está conforme con la expectación: el crecimiento medio es, en el supuesto de N, número de pies, constante:

$$y_2 = \Delta \frac{\Sigma\, b}{\mathrm{N}} = \frac{\mathrm{S}}{\mathrm{N}}\, \Delta \frac{\Sigma\, b}{\mathrm{S}} = \frac{y_1}{x_1}$$

o sea, producción con independencia de la densidad; el coeficiente r_{y_2} x_1 tendría que ser nulo. A lo más, cabría esperar un signo positivo si admitimos que un exceso de espesura estimula el crecimiento de altura. Por el contrario, el signo positivo de r_{y_2} x_2 está de acuerdo con lo dicho antes de que el crecimiento aumente con la altura media.

Ninguno de los dos coeficientes $r_{y_3} x_1$ $r_{y_3} x_2$ están conformes con la expectación. Con la hipótesis de antes, el crecimiento relativo es:

$$y_3 = \frac{\Delta\, \Sigma\, b/\mathrm{S}}{\Sigma\, b/\mathrm{S}} = \frac{\Delta\, \Sigma\, b}{\Sigma\, b} = \frac{\Delta\, \Sigma\, b/\mathrm{N}}{\Sigma\, b/\mathrm{N}} = \frac{y_2}{x_2}$$

con lo que r_{y_3} x_1 ha de ser como $r_{y_2} x_1$ nulo o positivo, y r_{y_3} x_2 fuertemente negativo.

Acudamos a las correlaciones para determinar los coeficientes $r_y\, x_1 \,.\, x_1$ $r_y\, x_2 \,.\, x_1$.

Su cálculo se apoya en los totales antes obtenidos y en los siguientes:

$$r_{x_1 x_2} = \begin{array}{r} -0{,}709 \\ -0{,}737 \\ -0{,}778 \\ \hline -0{,}076 \end{array}$$

y los coeficientes de correlación parcial encontrados son:

$r_{y_1} x_1 \,.\, x_2$	$r_{y_1} x_2 \,.\, x_1$	$r_{y_2} x_1 \,.\, x_2$	$r_{y_2} x_2 \,.\, x_1$	$r_{y_3} x_1 \,.\, x_2$	$r_{y_3} x_2 \,.\, x_1$
+ 0,255	— 0,443	— 0,431	+ 0,514	— 0,614	— 0,313
+ 0,263	— 0,370	— 0,709	— 0,390	— 0,588	— 0,569
+ 0,556	— 0,669	— 0,761	— 0,431	— 0,683	— 0,342
+ 0,398	— 0,352	— 0,422	+ 0,171	— 0,662	— 0,410

Vemos que en los cuatro primeros coeficientes se debilitan las correlaciones sin cambiar de signo, haciéndose más fuertes en los dos últimos con cambio de signo en el r_{y_3} x_2 . x_1 de acuerdo ya con la expectación.

El que tampoco con las correlaciones parciales obtengamos los resultados esperados tiene su explicación en la fuerte correlación negativa $r_{x_1} x_2$ y la mayor dispersión de la variable x_1 respecto a la x_2.

Y resulta que hay una gran variación de densidades, mientras que las alturas medias son muy parecidas.

Se refleja esto en los siguientes coeficientes de variación, para los veintisiete valores:

$$\frac{\sigma_{x_1}}{\mathrm{M}_{x_1}} = \frac{150{,}1}{246{,}67} = 61\ \% \qquad \frac{\sigma_{x_2}}{\mathrm{M}_{x_2}} = \frac{32{,}6}{251{,}30} = 13\ \%$$

Como consecuencia, en la producción, variable y_1, influida positivamente por densidad y altura media domina la influencia de la primera por su mayor dispersión y la correlación r_{y_1} x_2 resulta negativa, debido a que lo es $r_{x_1} x_2$; y en el crecimiento medio, no influyendo la densidad, nos encontramos con el esperado signo positivo para $r_{y_2} x_2$, siendo negativo el signo de $r_{y_2} x_1$ contra lo esperado y debido al negativo de $r_{x_1} x_2$.

Acudamos ahora al cálculo de los coeficientes de regresión.

Tomamos para cada parcela la media aritmética de los tres valores de cada variable, procurando que la media de las nueve parcelas resulte en números enteros.

Si consideramos las cinco variables independientes, la ecuación de regresión parcial, tomando desviaciones a la media, es:

$$\mathrm{Y} = b_1\, x_1 + b_2\, x_2 + b_3\, x_3 + b_4\, x_4 + b_5\, x_5$$

Y sus coeficientes se obtienen resolviendo el sistema

$$b_1\, \mathrm{S}\,(x_1^2) + b_2\, \mathrm{S}\,(x_1\, x_2) + b_3\, \mathrm{S}\,(x_1\, x_3) + b_4\, \mathrm{S}\,(x_1\, x_4) + b_5\, \mathrm{S}\,(x_1\, x_5) = \mathrm{S}\,(x_1\, y)$$

$$b_1\, \mathrm{S}\,(x_1\, x_2) + b_2\, \mathrm{S}\,(x_2^2) + b_3\, \mathrm{S}\,(x_2\, x_3) + b_4\, \mathrm{S}\,(x_2\, x_4) + b_5\, \mathrm{S}\,(x_2\, x_5) = \mathrm{S}\,(x_2\, y)$$

$$b_1\, \mathrm{S}\,(x_1\, x_3) + b_2\, \mathrm{S}\,(x_2\, x_3) + b_3\, \mathrm{S}\,(x_3^2) + b_4\, \mathrm{S}\,(x_3\, x_4) + b_5\, \mathrm{S}\,(x_3\, x_5) = \mathrm{S}\,(x_3\, y)$$

$$b_1\, \mathrm{S}\,(x_1\, x_4) + b_2\, \mathrm{S}\,(x_2\, x_4) + b_3\, \mathrm{S}\,(x_3\, x_4) + b_4\, \mathrm{S}\,(x_4^2) + b_5\, \mathrm{S}\,(x_4\, x_5) = \mathrm{S}\,(x_4\, y)$$

$$b_1\, \mathrm{S}\,(x_1\, x_5) + b_2\, \mathrm{S}\,(x_2\, x_5) + b_3\, \mathrm{S}\,(x_3\, x_5) + b_4\, \mathrm{S}\,(x_4\, x_5) + b_5\, \mathrm{S}\,(x_5^2) = \mathrm{S}\,(x_5\, y)$$

Parcela	y_1	y_2	y_3	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
1.ª	516	126	412	592	212	715	+ 354	368
2.ª	368	173	545	242	281	845	+ 461	272
3.ª	301	182	736	160	260	819	+ 252	297
4.ª	167	206	846	64	312	927	— 86	262
5.ª	340	228	834	156	262	841	— 400	227
6.ª	381	189	847	186	242	596	— 74	284
7.ª	335	172	775	299	234	632	— 39	270
8.ª	327	204	964	146	238	710	+ 2	285
9.ª	620	149	764	378	218	710	+ 286	336
Med. arit. ...	395	181	747	247	251	755	+ 84	289

DESVIACIONES A LA MEDIA

Parcela	y_1	y_2	y_3	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
1.ª	+ 121	— 55	— 335	+ 345	— 39	— 40	+ 270	+ 79
2.ª	— 27	— 8	— 102	— 5	+ 30	+ 90	+ 377	— 17
3.ª	— 94	+ 1	— 11	— 87	+ 9	+ 64	+ 168	+ 8
4.ª	— 228	+ 25	+ 99	— 183	+ 61	+ 172	— 170	— 27
5.ª	— 55	+ 47	+ 87	— 91	+ 11	+ 86	— 484	— 62
6.ª	— 14	+ 8	+ 100	— 61	— 9	— 159	— 158	— 5
7.ª	+ 140	— 9	+ 28	+ 52	— 17	— 123	— 123	— 19
8.ª	— 68	+ 23	+ 217	— 101	— 13	— 45	— 82	— 4
9.ª	+ 225	— 32	+ 17	+ 131	— 33	— 45	+ 202	+ 47

Esto puede hacerse resolviendo primero cinco sistemas de ecuaciones con los mismos primeros miembros y que tengan por segundos:

1, 0, 0, 0, 0,
0, 1, 0, 0, 0,
0, 0, 1, 0, 0,
0, 0, 0, 1, 0,
0, 0, 0, 0, 1,

Siendo las soluciones de estos cinco sistemas

$$\begin{matrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} & c_{14} & c_{15} \\ c_{12} & c_{22} & c_{23} & c_{24} & c_{25} \\ c_{13} & c_{23} & c_{33} & c_{34} & c_{35} \\ c_{14} & c_{24} & c_{34} & c_{44} & c_{45} \\ c_{15} & c_{25} & c_{35} & c_{45} & c_{55} \end{matrix}$$

obtenemos los coeficientes de regresión parcial por las fórmulas

$$b_1 = c_{11}\,S\,(x_1\,y) + c_{12}\,S\,(x_2\,y) + c_{13}\,S\,(x_3\,y) + c_{14}\,S\,(x_4\,y) + + c_{15}\,S\,(x_5\,y)$$

$$b_2 = c_{12}\,S\,(x_1\,y) + c_{22}\,S\,(x_2\,y) + c_{23}\,S\,(x_3\,y) + c_{24}\,S\,(x_4\,y) + + c_{25}\,S\,(x_5\,y)$$

$$b_3 = c_{13}\,S\,(x_1\,y) + c_{23}\,S\,(x_2\,y) + c_{33}\,S\,(x_3\,y) + c_{34}\,S\,(x_4\,y) + + c_{35}\,S\,(x_5\,y)$$

$$b_4 = c_{14}\,S\,(x_1\,y) + c_{24}\,S\,(x_2\,y) + c_{34}\,S\,(x_3\,y) + c_{44}\,S\,(x_4\,y) + + c_{45}\,S\,(x_5\,y)$$

$$b_5 = c_{15}\,S\,(x_1\,y) + c_{25}\,S\,(x_2\,y) + c_{35}\,S\,(x_3\,y) + c_{45}\,S\,(x_4\,y) + + c_{55}\,S\,(x_5\,y)$$

Aplicando este procedimiento a nuestro caso tendremos:

$$+ 202.176\ c_1 - 29.897\ c_2 - 57.167\ c_3 + 189.789\ c_4 + + 43.105\ c_5 = 1, 0, 0, 0, 0,$$

$$- 29.897\ c_1 + 7.972\ c_2 + 21.866\ c_3 - 15.489\ c_4 - - 6.979\ c_5 = 0, 1, 0, 0, 0,$$

$$- 57.167\ c_1 + 21.866\ c_2 + 95.236\ c_3 - 2.131\ c_4 - - 12.957\ c_5 = 0, 0, 1, 0, 0,$$

$$+ 189.789\ c_1 - 15.489\ c_2 - 2.131\ c_3 + 594.030\ c_4 + + 63.812\ c_5 = 0, 0, 0, 1, 0,$$

$$+ 43.105\ c_1 - 6.979\ c_2 - 12.957\ c_3 + 63.812\ c_4 + + 13.778\ c_5 = 0, 0, 0, 0, 1,$$

Resolviendo los cinco sistemas, obtenemos:

c 11 = + 0,00002142	c 12 = + 0,00007343	c 13 = — 0,00000792	c 14 = — 0,00000190	c 15 = — 0,00002845
c 12 = + 0,00007343	c 22 = + 0,00093220	c 23 = — 0,00014119	c 24 = — 0,00002277	c 25 = + 0,00021514
c 13 = — 0,00000792	c 23 = — 0,00014119	c 33 = + 0,00003596	c 34 = + 0,00000073	c 35 = — 0,00001629
c 14 = — 0,00000190	c 24 = — 0,00002277	c 34 = + 0,00000073	c 44 = + 0,00000443	c 45 = — 0,00002542
c 15 = — 0,00002845	c 25 = + 0,00021514	c 35 = — 0,00001629	c 45 = — 0,00002542	c 55 = + 0,00037300

Entrando en las ecuaciones que nos dan los coeficientes de regresión con estos valores de c y las siguientes sumas:

$$S(x_1 y_1) = +141.264 \quad S(x_1 y_2) = -35.345 \quad S(x_1 y_3) = -163.976$$
$$S(x_2 y_1) = -29.683 \quad S(x_2 y_2) = +4.794 \quad S(x_2 y_3) = +9.144$$
$$S(x_3 y_1) = -79.291 \quad S(x_3 y_2) = +10.126 \quad S(x_3 y_3) = -10.848$$
$$S(x_4 y_1) = +108.097 \quad S(x_4 y_2) = -53.203 \quad S(x_4 y_3) = -260.994$$
$$S(x_5 y_1) = +27.089 \quad S(x_5 y_2) = -9.255 \quad S(x_5 y_3) = -32.287$$

encontramos las siguientes ecuaciones de regresión:

$$Y_1 = +0{,}498\, x_1 - 2{,}736\, x_2 - 0{,}142\, x_3 + 0{,}141\, x_4 - 1{,}757\, x_5$$
$$Y_2 = -0{,}121\, x_1 - 0{,}336\, x_2 + 0{,}079\, x_3 - 0{,}035\, x_4 - 0{,}228\, x_5$$
$$Y_3 = -1{,}341\, x_1 - 2{,}988\, x_2 - 0{,}047\, x_3 - 0{,}240\, x_4 + 1{,}400\, x_5$$

Si limitamos los cálculos a las dos primeras variables independientes, tendremos:

$$+202.176\, c_1 - 29.897\, c_{12} = 1,\ 0$$
$$-29.897\, c_1 + 7.972\, c_2 = 0,\ 1$$

$$c_{11} = +0{,}00011104 \qquad c_2 = +0{,}000041644$$
$$c_{12} = +0{,}000041644 \qquad c_{22} = +0{,}000281615$$

$$Y_1 = +0{,}332\, x_1 - 2{,}476\, x_2$$
$$Y_2 = -0{,}193\, x_1 - 0{,}122\, x_2$$
$$Y_3 = -1{,}440\, x_1 - 4{,}254\, x_2$$

Con estas ecuaciones de regresión encontramos los siguientes valores para las variables dependientes:

Parcelas	y_1	Y_1 con 5 var.	Y_1 con 2 var.	y_2	Y_2 con 5 var.	Y_2 con 2 var.	y_3	Y_3 con 5 var.	Y_3 con 2 var.
1.ª	+ 121	+ 183,5	+ 211,1	— 55	— 59,3	— 61,8	— 335	— 298,4	— 330,9
2.ª	— 27	— 14,3	— 75,9	— 8	— 11,7	— 2,7	— 202	— 201,4	— 120,4
3.ª	— 94	— 67,4	— 51,2	+ 1	+ 4,9	+ 15,7	— 11	+ 57,6	+ 87,0
4.ª	— 228	— 259,0	— 211,8	+ 25	+ 27,3	+ 27,9	+ 99	+ 58,1	+ 4,0
5.ª	— 55	— 46,9	— 57,4	+ 47	+ 45,2	+ 16,2	+ 87	+ 114,5	+ 84,2
6.ª	— 14	+ 3,3	+ 2,0	+ 8	+ 4,5	+ 12,9	+ 100	+ 147,1	+ 126,1
7.ª	+ 140	+ 105,9	+ 59,4	— 9	— 1,7	— 8,0	— 28	— 11,2	— 2,6
8.ª	— 68	— 12,9	— 1,3	+ 23	+ 16,8	+ 21,1	+ 217	+ 190,5	+ 200,7
9.ª	+ 225	+ 107,8	+ 99,8	— 32	— 26,1	— 21,3	+ 17	— 57,6	— 48,3

De estas tablas calculamos los siguientes valores:

Para las ecuaciones de cinco variables:

$$S(y_1 - Y_1)^2 = 24.035{,}66$$
$$S(y_2 - Y_2)^2 = 194{,}71$$
$$S(y_3 - Y_3)^2 = 18.497{,}40$$

Para las ecuaciones de dos variables:

$$S(y_1 - Y_1)^2 = 33.770{,}55$$
$$S(y_2 - Y_2)^2 = 1.390{,}58$$
$$S(y_3 - Y_3) = 31.459{,}36$$

Siendo n' el número de observaciones y P el de variables independientes, obtenemos s^2 de la fórmula

$$s^2 = \frac{1}{n' - p - 1} S(y - Y)^2$$

En nuestro caso,

$$n' = 9 \qquad p = 5,\ 2$$

tendremos que dividir por 3 y 6.

Con cinco variables:

$$s_1^2 = 8.011{,}89 \qquad s_1 = 89{,}51$$
$$s_2^2 = 64{,}90 \qquad s_2 = 8{,}06$$
$$s_3^2 = 6.165{,}80 \qquad s_3 = 78{,}52$$

Con dos variables:

$$s_1^2 = 5.628{,}43 \qquad s_1 = 75{,}02$$
$$s_2^2 = 231{,}76 \qquad s_2 = 15{,}23$$
$$s_3^2 = 5.243{,}26 \qquad s_3 = 72{,}40$$

La desviación típica de los coeficientes de regresión calculados es

$$s\sqrt{c}$$

Calculando los valores de t por la fórmula

$$t = \frac{b}{s\sqrt{c}}$$

y entrando con ellos en la tabla de t (página 52 de las Tablas

Estadísticas de R. A. Fisher y F. Yates) obtenemos los siguientes niveles de significación, expresados en forma de probabilidad:

Coeficiente	Ecuación Y_1		Ecuación Y_2		Ecuación Y_3	
	t	Probab.	t	Probab.	t	Probab.
b_1	1,202	0,4	3.244	0,05	3.690	0,05
b_2	1,001	0,4	1,365	0,3	1,246	0,3
b_3	0,265	0,9	1,636	0,2	0,010	$> 0{,}9$
b_4	0,748	0,6	2,059	0,2	1,452	0,3
b_5	1,016	0,4	1.464	0,3	0,923	0,5
b_1	1,328	0,3	3,807	$< 0{,}01$	5,975	$< 0{,}001$
b_2	1,967	0,1	0,477	0,7	3,502	0,02

Para un nivel de significación del 5 % sólo resultan significativos los coeficientes de regresión b_1 de las ecuaciones Y_2 Y_3 con cinco y dos variables y el coficiente b_2 de la ecuación Y_3 con dos variables.

Podremos decir con suficiente aproximación que en nuestras parcelas:

por cada 100 pies por área que aumenta la densidad disminuye el crecimiento medio en 19,3 milímetros y también disminuye el crecimiento relativo en 1,44 %.

por cada 100 milímetros de aumento de la altura media de la parcela disminuye el crecimiento relativo en 4,25 %.

De las cinco variables independientes estudiadas hemos visto que es la primera, densidad, la más influyente en el movimiento, debido, como dijimos, a su mayor dispersión.

Tomemos los valores medios de los tres conteos:

Parcela	y_1	x_1
1.ª	516	592
2.ª	368	242
3.ª	301	160
4.ª	167	64
5.ª	340	156
6.ª	381	186
7.ª	535	299
8.ª	327	146
9.ª	620	378

Interpolando por mínimos cuadrados la parábola:

$$y_1 = a\,x_1^2 + b\,x_1 + c$$

las ecuaciones normales:

$$\left.\begin{aligned} S(y_1) &= a\,S(x_1^2) + b\,S(x_1) + c\,N \\ S(y_1 x_1) &= a\,S(x_1^3) + b\,S(x_1^2) + c\,S(x) \\ S(y_1 x_1^2) &= a\,S(x_1^4) + b\,S(x_1^3) + c\,S(x^2) \end{aligned}\right\}$$

son para los valores dados:

$$\left.\begin{aligned} 3.555 &= 751.257\ a + 2.223\ b + 9\ c \\ 1.019.349 &= 320.089.779\ a + 751.257\ b + 2.223\ c \\ 375.623.871 &= 157.578.766.833\ a + 320.085.779\ b + 751.257\ c \end{aligned}\right\}$$

Cuyas soluciones son:

$$\left.\begin{aligned} a &= -0{,}002825 \\ b &= +2{,}578519 \\ c &= -6{,}08 \end{aligned}\right\}$$

y la ecuación buscada es:

$$y_1 = -0{,}002825\,x_1^2 + 2{,}578519\,x_1 - 6{,}08$$

Esta ecuación tiene un máximo para

$$\frac{dy_1}{dx_1} = -0{,}005650\,x_1 + 2{,}578519 = 0$$

$$x_1 = 456$$

y nos da la ley de crecimiento de la producción de las parcelas, expresadas en decámetros por hectárea, en función de la densidad, expresada en número de pies por área.

Según la curva encontrada, crece la producción con la densidad hasta alcanzar un máximo para una densidad de 456 pies hectárea, decreciendo después la producción, aunque siga aumentando la densidad.

Ordenemos las parcelas según los valores, de mayor a menor, de las variables estudiadas (véase página 443 en los tres años:

La simple inspección de esta tabla nos demuestra la absoluta regularidad que presenta la variable x_1. Las parcelas más densas en 1946 lo siguen siendo en 1947 y 1948, y el orden de parcelas por sus densidades no se altera en los tres años.

Esta regularidad, aunque no tan rigurosa, se observa en el resto de las variables que llamamos independientes, x_2, x_3, x_4 y x_5.

En cambio, en las variables de movimiento y_1, y_2, y_3, no se presenta, como era de esperar.

Ninguna parcela ha sido perturbada en su natural desarrollo. Por lo tanto, lo lógico hubiese sido que las parcelas de mayor producción, de mayor crecimiento medio y relativo en el año

N.º de orden	PARCELAS																							
	y_1 Producción			y_2 Crecimiento medio			y_3 Crecimiento relativo			x_1 Densidad			x_2 Altura media			x_3 Dispersión			x_4 Asimetría			x_5 Curtosis		
1.º	9.ª	6.ª	9.ª	5.ª	8.ª	5.ª	8.ª	6.ª	4.ª	1.ª	1.ª	1.ª	4.ª	4.ª	4.ª	4.ª	4.ª	4.ª	1.ª	2.ª	3.ª	9.ª	1.ª	1.ª
2.º	7.ª	9.ª	1.ª	4.ª	2.ª	7.ª	4.ª	5.ª	8.ª	9.ª	9.ª	9.ª	2.ª	2.ª	2.ª	2.ª	2.ª	5.ª	9.ª	1.ª	2.ª	1.ª	9.ª	6.ª
3.º	1.ª	2.ª	7.ª	8.ª	6.ª	8.ª	9.ª	2.ª	5.ª	7.ª	7.ª	7.ª	3.ª	5.ª	5.ª	5.ª	5.ª	2.ª	2.ª	3.ª	1.ª	8.ª	3.ª	9.ª
4.º	8.ª	1.ª	5.ª	3.ª	5.ª	4.ª	7.ª	8.ª	6.ª	2.ª	2.ª	2.ª	5.ª	3.ª	3.ª	3.ª	3.ª	3.ª	8.ª	9.ª	9.ª	3.ª	6.ª	3.ª
5.º	2.ª	7.ª	6.ª	2.ª	3.ª	6.ª	3.ª	7.ª	7.ª	6.ª	6.ª	6.ª	6.ª	6.ª	6.ª	9.ª	1.ª	8.ª	3.ª	8.ª	4.ª	2.ª	2.ª	8.ª
6.º	3.ª	5.ª	8.ª	7.ª	9.ª	3.ª	5.ª	3.ª	9.ª	3.ª	3.ª	3.ª	8.ª	8.ª	8.ª	1.ª	8.ª	1.ª	6.ª	7.ª	7.ª	7.ª	7.ª	4.ª
7.º	5.ª	3.ª	3.ª	6.ª	4.ª	2.ª	6.ª	9.ª	3.ª	5.ª	5.ª	5.ª	7.ª	7.ª	7.ª	8.ª	9.ª	9.ª	7.ª	6.ª	8.ª	6.ª	8.ª	7.ª
8.º	6.ª	8.ª	2.ª	1.ª	7.ª	9.ª	2.ª	1.ª	1.ª	8.ª	8.ª	8.ª	9.ª	9.ª	9.ª	7.ª	7.ª	7.ª	4.ª	4.ª	6.ª	4.ª	4.ª	2.ª
9.º	4.ª	4.ª	4.ª	9.ª	1.ª	1.ª	1.ª	4.ª	2.ª	4.ª	4.ª	4.ª	1.ª	1.ª	1.ª	6.ª	6.ª	6.ª	5.ª	5.ª	5.ª	5.ª	5.ª	5.ª

1947-1946, lo fuesen también en los otros dos años 1948-1947 y 1949-1948.

Vemos que no es así, que se producen saltos absurdos, siendo los mayores:

en la variable y_1 el de la parcela 6.ª, que del octavo lugar que ocupa en la primera columna pasa al primero en la segunda;

en la variable y_2 el de la parcela 7.ª, que pasa del octavo al segundo en las dos últimos columnas,

y en la variable y_3 el de la 4.ª parcela, que del último lugar pasa al primero.

Medida esta regularidad nos la da el coeficiente de correlación calculado para cada variable entre los valores correspondientes a una misma parcela en distintos años o columnas. Estos coeficientes valen:

Colum as	$r\,y_1\,y_1$	$r\,y_2\,y_2$	$r\,y_3\,y_3$	$r\,x_1\,x_1$	$r\,x_2\,x_2$	$r\,x_3\,x_3$	$r\,x_4\,x_4$	$r\,x_5\,x_5$
1.ª y 2.ª	0,426	0,318	—0,298	0,999	0,998	0,990	0,811	0,899
2.ª y 3.ª	0,632	0,350	0,006	1,000	0,995	0,996	0.883	0,925
1.ª y 3.ª	0,850	0,719	0,769	0,999	0,994	0,987	0,735	0,752

Según estos coeficiente, el orden de regularidad en las variables independientes es:

Densidad.
Altura media.
Dispersión.
Curtosis.
Asimetría.

En las variables de movimiento vemos que siendo débiles los coeficientes de correlación correspondientes a dos años consecutivos, resultan significativamente positivos los correspondientes a primera y tercera columnas.

Esto nos indica que los saltos producidos y no esperados se deben a errores de conteo, a los que son más sensibles las variables de movimiento, por obtenerse de diferencias de conteos.

Eliminaremos estos errores si consideramos producción, crecimiento medio y relativo acumulados.

Así formamos las siguientes tablas, en las que los valores de producción y crecimiento medio se obtienen por sumas, y los de crecimiento relativo aplicando la fórmula de Kunze.

$$r = \frac{2(\lambda - 1)}{n(\lambda + 1) - (\lambda - 1)}$$

en la que r es el crecimiento relativo, λ el cociente de las masas (sumas de alturas) y n el número de años (1, 2 y 3).

Parcelas	Valores acumulados								
	y_1			y_2			y_3		
1.ª	497	925	1.548	139	243	376	413	377	411
2.ª	362	797	1.104	172	352	519	566	604	544
3.ª	362	588	904	180	345	547	949	742	732
4.ª	225	275	503	228	381	619	1.221	719	834
5.ª	297	613	1.020	229	401	684	791	784	830
6.ª	253	752	1.145	156	333	566	609	865	841
7.ª	641	1.038	1.607	157	275	516	1.000	778	771
8.ª	410	627	983	181	373	613	1.322	961	954
9.ª	765	1.205	1.861	124	288	448	1.013	967	759

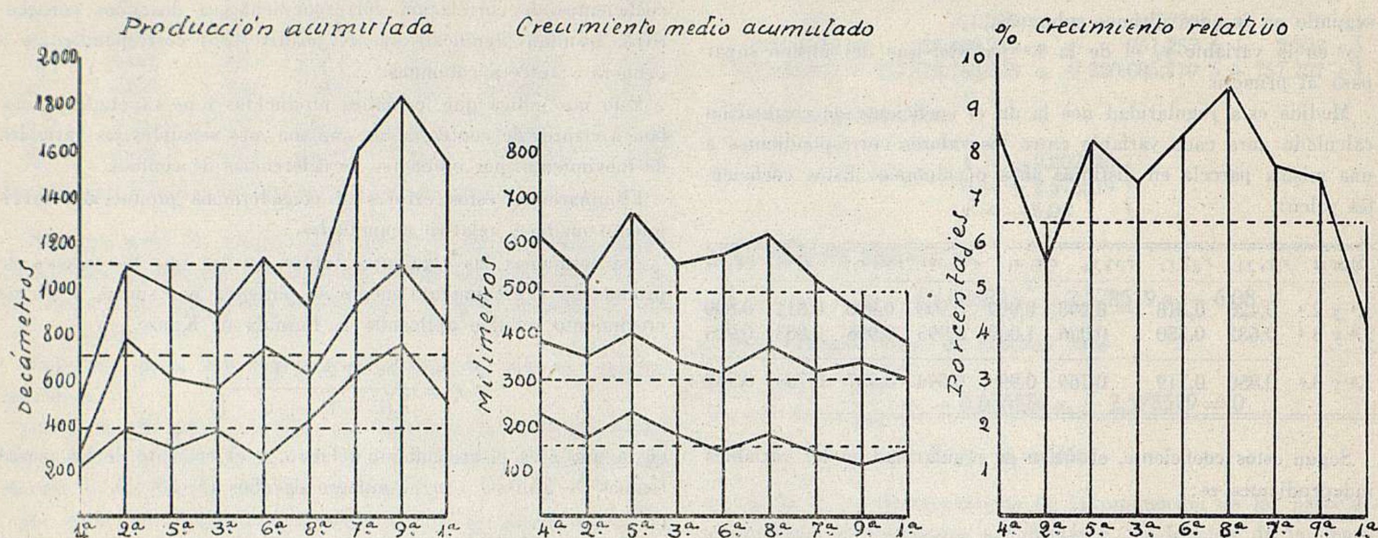
Ordenando con arreglo a estos valores acumulados obtenemos mayor regularidad, como se ve en la siguiente tabla:

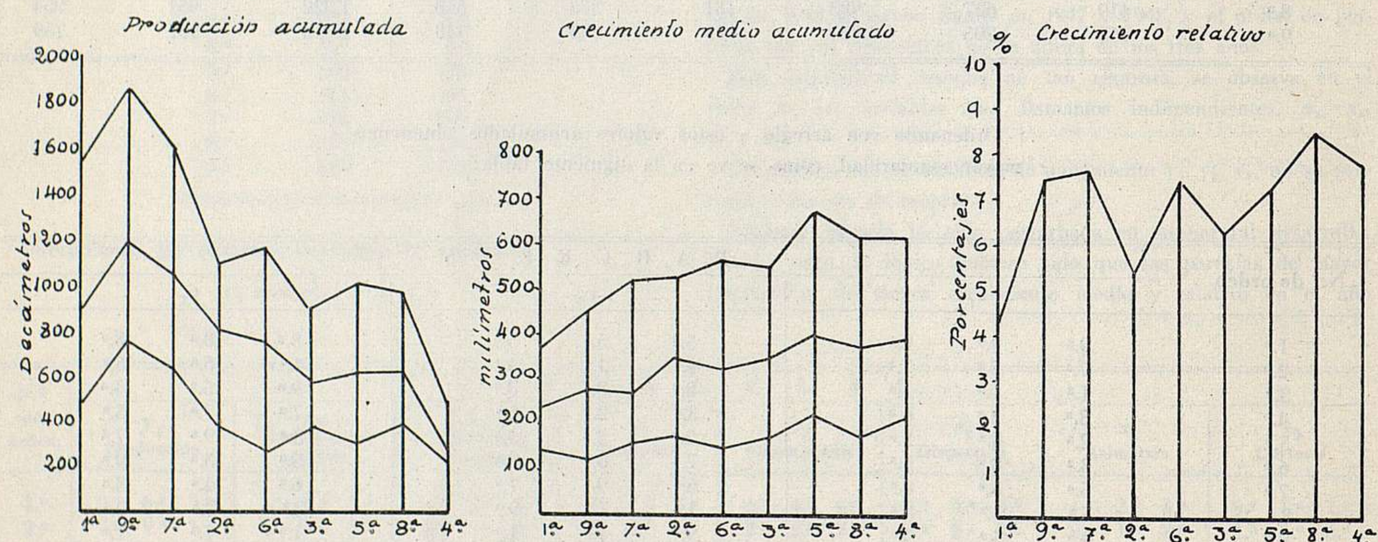
N.º de orden	PARCELAS								
	y_1			y_2			y_3		
1.º	9.ª	9.ª	9.ª	5.ª	5.ª	5.ª	8.ª	8.ª	8.ª
2.º	7.ª	7.ª	7.ª	4.ª	4.ª	4.ª	4.ª	6.ª	6.ª
3.º	1.ª	1.ª	1.ª	8.ª	8.ª	8.ª	9.ª	5.ª	4.ª
4.º	8.ª	2.ª	6.ª	3.ª	2.ª	6.ª	7.ª	7.ª	5.ª
5.º	2.ª	6.ª	2.ª	2.ª	3.ª	3.ª	3.ª	9.ª	7.ª
6.º	3.ª	8.ª	5.ª	7.ª	6.ª	2.ª	5.ª	3.ª	9.ª
7.º	5.ª	5.ª	8.ª	6.ª	9.ª	7.ª	6.ª	4.ª	3.ª
8.º	6.ª	3.ª	3.ª	1.ª	7.ª	9.ª	2.ª	2.ª	2.ª
9.º	4.ª	4.ª	4.ª	9.ª	1.ª	1.ª	1.ª	1.ª	1.ª

De los valores acumulados y_1 y_2 y_3 se adjuntan gráficos, ordenando las parcelas por sus densidades y por sus alturas medias.

De la variable y_3 sólo se trazan los valores correspondientes a la tercera columna.

Las líneas de puntos que aparecen en los gráficos con parcelas ordenadas según sus alturas medias corresponden a los valores del total de parcelas.


PINATADA DE RIO MADERA
Producción acumulada
Crecimiento medio acumulado
Crecimiento relativo
Decámetros
Milímetros
Porcentajes
%
4ª 2ª 5ª 3ª 6ª 8ª 7ª 9ª 1ª
Parcelas ordenadas por sus alturas medias


PINATADA DE "RIO MADERA"
Producción acumulada
Crecimiento medio acumulado
Crecimiento relativo
Decámetros
milímetros
Porcentajes
%
1ª 9ª 7ª 2ª 6ª 3ª 5ª 8ª 4ª
Parcelas ordenadas por sus densidades

CONCLUSIÓN

Perfecta cuenta nos damos de que al final de nuestro trabajo se nos puede preguntar:

«¿De qué sirve tanto número, tanto coeficiente de correlación, para llegar a la perogrullada de que a mayor número de pies por hectárea la producción es mayor o a la incongruencia de que el crecimiento en altura es menor a mayor espesura?

¿No resulta desproporcionadamente penoso el cálculo del coeficiente β_2 para satisfacer el capricho de bautizar a las curvas de frecuencia con los bonitos nombres de leptocúrticas o platicúrticas?

¿Qué nos importa el que sean esas curvas de asimetría positiva o negativa?»

Y así, más y más preguntas, hasta llegar a la conclusión de que la aplicación de la Estadística a la Ordenación a nada útil nos conduce.

Admitimos las preguntas. No podemos admitir la conclusión.

Es verdad que a ninguna hemos llegado en nuestro trabajo, sobre todo en su tercera parte, de inmediata aplicación práctica.

Pero también lo es que para el estudio de la aplicación de la Estadística Matemática a la Ordenación Experimental, lo primero que necesitamos es la Ordenación Experimental.

Ya hemos visto cómo en Dasodinámica y Estudio de correlaciones hemos tenido que acudir, forzosamente, al artificio de estudiar con alturas lo que con diámetros normales debía estudiarse.

Y esto no es Ordenación Experimental, sino inquisición de procedimientos estadísticos en los que la Ordenación Experimental pueda apoyarse.

No pretendemos haber acertado con los mejores. Sí nos interesa subrayar lo sugestivo del tema:

Cómo es la masa;

Cómo se mueve la masa;

Cómo influye la constitución de la masa en su movimiento.

Y llegar al convencimiento de que son los métodos experimentales, con ayuda de los procedimientos estadísticos, los que pueden contestar a estas preguntas.

Admitido esto, comprenderemos la necesidad de aplicar los métodos experimentales a las ordenaciones de nuestros montes.

Lo que no es posible actualmente, porque sólo admiten las «Instrucciones para el Servicio de Ordenación de Montes», vigentes en España, el método de «Ordenar transformando» y, en casos de excepción debidamente justificada, el de «Entresaca».

Creemos y esperamos que en la revisión, ya anunciada, de dichas Instrucciones se dé cabida, posibilidad oficial de aplicación, a los métodos experimentales, imprescindibles, en nuestra opinión, para el más completo conocimiento de nuestros montes.

Opinión que no queremos se interprete como falta de respeto ni mucho menos como menosprecio de nuestros primeros forestales. Sino como un simple deseo de superación de conocimientos, inherente a todo método experimental.

Así, escribe Claude Bernard:

«El respeto mal entendido de la autoridad personal sería su»perstición en las ciencias experimentales, y constituiría un ver»dadero obstáculo para el progreso de la ciencia; sería, al mismo »tiempo, contrario a los ejemplos que nos han dado los grandes »hombres de todos los tiempos. En efecto, los grandes hombres »son precisamente quienes han aportado ideas nuevas y destruí»do los errores. No han respetado, pues, la autoridad de sus »predecesores, y no esperan se proceda de otro modo con ellos. »Esta no sumisión a la autoridad, que el método experimental »consagra como precepto fundamental, en modo alguno está en »desacuerdo con el respeto y la admiración que sentimos por los »grandes hombres que nos han precedido, y a los cuales debe»mos los descubrimientos que son la base de las ciencias actua»les.» (1).

La santidad, el heroísmo, las artes y las letras no son acumulativas en el transcurso de los tiempos; sí lo son la ciencia y la técnica: Un santo, un escritor actuales no tienen razón alguna para ser más santo o mejor novelista que San Francisco de Asís y que Cervantes; un físico de nuestros tiempos, por mediana que sea su inteligencia, tiene conocimientos de Física más extensos y completos que Galileo.

Respetemos y admiremos a nuestros primeros ingenieros por su espíritu de sacrificio y amor al Cuerpo, insuperables, por su clara visión al enfocar los problemas de ordenación. Pero no desquiciemos esta admiración hasta el punto de admitir que no hay «más allá» en la ciencia forestal. Sería tan absurdo como si llevados de esa misma admiración prescindiéramos del automóvil en nuestros desplazamientos al monte por la sola razón de que ellos no lo utilizaron.

Así, pues, no debemos escandalizarnos si al decir Beranger que:

«Los pinos, en general, tratados por cortas continuas, rinden «triple producto que los tratados por cortas discontinuas», se nos ocurre preguntar... ¿Por qué?... ¿Sucede así en todos y cada uno de nuestros montes?

Y estas dudas nos llevan consecuentemente a la de si el método exigido por nuestras Instrucciones, el «Ordenar transformando», es el único y el que mejor resuelve los problemas planteados en nuestras ordenaciones.

Unicidad y rigidez son virtudes reconocidas en cuanto frenan la fantasía de los Ingenieros Ordenadores. Pero constituyen a la vez un grave defecto, al pretender que todos los montes de España, con su gran variedad de especies y estaciones, sean tratados de la misma manera.

No queremos hablar del escaso resultado conseguido, después de más de cincuenta años de «Ordenar transformando», en los tres montes ordenados a nuestro cargo. Se nos dirá que en estos montes el fracaso no ha sido del método, sino de su ejecución deficiente.

Veamos lo que dice Huffel, del «Ordenar transformando»:

«Es ilusorio pretender fijar de una manera inmutable, desde el »principio de la ordenación, el orden según el cual serán reali»zadas todas las partes del cuartel. La elección de una dura»ción de revolución inmutable, su división en períodos, la for»mación de tramos permanentes son quimeras, y la experiencia »ha probado que *siempre* el cuadro así establecido al principio »ha tenido que romperse, al cabo de un tiempo relativamente »corto. Las causas de perturbación son innumerables. Masas asig-

(1) Claude Bernard: «Cours de médicine expérimental» («Leçon d'ouverture») «Gazette méd.», 15 abril 1864.

»nadas al principio del tramo II languidecen y han de ser explo»tadas prematuramente en el primer período. Tempestades, ava»lanchas, incendios, invasiones de insectos, etc., obligan a rea»lizar las cortas en distintas partes de las previstas. Expropiacio»nes, repoblaciones, anexiones al monte, etc., modifican la cabi»da y obligan a reformar el plan general de explotación. Para »dar un ejemplo, diremos que, en los montes de Compiégne, los »ordenadores de 1857 habían adoptado para los cuarteles de »monte alto una revolución de 150 años dividida en seis perío»dos de 25 años, y formado, en cada uno de los diez cuarteles, »los tramos de un solo perímetro, según el uso. En 1902, las »previsiones del Plan General habían sido tan poco realizadas que »se encontraban cortas principales localizadas en tres o cuatro »y hasta en cinco tramos a la vez. La ordenación de 1902 ha »suprimido la composición de los cuarteles, suprimido los tra»mos, etc. ¿De qué han servido los sacrificios de explotación »sufridos durante medio siglo con miras a la realización (que »además, no ha sido lograda) de un estado ideal que se recha»za hoy? Esto que decimos de los montes Compiégne, en llanu»ra, podría repetirse de muchos otros. Viene a ser inútil, por »consiguiente, atenerse a la formación de tramos macizos, de un »solo bloque, naturalmente delimitado sobre el terreno. Esto no »es solamente inútil, sino muy enojoso, puesto que se llega así »a englobar en el tramo a realizar masas no explotables, mien»tras que otras, que lo serían, quedan fuera del perímetro de »este tramo. Resulta de ello pérdidas que no tardan en llegar »a ser intolerables. Entonces aparecen y se multiplican los prés»tamos, transferencias, descuentos, artificios diversos que intro»ducen el ilogismo, la oscuridad y el desorden en las ordena»ciones. Se podría citar montes en los que el producto princi»pal se cosecha en todos los tramos, y en su mayor parte fuera »del tramo correspondiente al período. La anomalía viene a ser »el caso habitual, el Plan General no es más que una ficción »sin fuerza y sin finalidad, de la cual nos alejamos más de año »en año.» (1).

Admitamos que Huffel exagera las dificultades. Tenemos, contra lo sucedido en los montes de Compiégne, el ejemplo del monte «Pinar de Navafría», prototipo de los montes ordenados españoles.

Con una rigurosa y cuidada ejecución del «Ordenar transformando» se ha conseguido salvar con éxito las etapas fijadas en el Proyecto. El monte ha mejorado y lleva camino de llegar a su regularización completa, con un muy ligero retraso, en el tiempo fijado en el Proyecto.

Pero aun en este caso excepcionalmente favorable del «Pinar de Navafría», con la casi seguridad de que ha de conseguirse la organización ideal fijada al principio de la Ordenación, cabe preguntar si esa organización es la que más conviene al monte selvícola y económicamente, queda la duda de que si con otra organización del vuelo total o ligeramente distinta rendiría más el monte, sin olvidar los sacrificios de renta que la consecución de una u otra organización imponga, mientras no se alcance.

No pretendemos que con la aplicación de los métodos experimentales se resuelvan inmediatamente los múltiples problemas que la Ordenación de Montes plantea. Pero sí esperamos que al extenderse esa aplicación en el tiempo y en número de montes, andaremos en constante perfección por el camino que conduce a la mejor solución de esos problemas.

Siles, 4 de marzo de 1950.

(1) G. Huffel. «Economie Forestiére». Tomo III, página 385.

La Presidencia, después de las intervenciones habidas con referencia a los trabajos leídos en la Sección, y que fueron escuchados con gran interés, propone, y así se acuerda, la aprobación de las siguientes conclusiones provisionales:

1.ª Que la estimación y precio de las lanas se determine a base de una fórmula convencional por comparación entre diversos parámetros característicos de la lana objeto de la estima y precio, con los correspondientes a la lana tipo o patrón, cuya estimación y precio se señale previamente; fórmula que, previo estudio y fijación de sus normas de aplicación, sería conveniente presentarla a la Confederación Lanera Internacional.

2.ª La conveniencia de mutua inteligencia entre las industrias y los centros de movilización para los fines de defensa, en primer lugar, y en importancia inmediata, para los propios intereses y buena marcha de las empresas.

3.ª Que se estudie detenidamente la economía en todos sus aspectos para elevar, en lo posible, el nivel de la vida.

Tras de lo cual se levanta la sesión a las diecinueve horas.

SECCIÓN 3.ª

II CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA
(28 de mayo a 3 de junio de 1950)

ACTA DE LA SESIÓN CELEBRADA EL DÍA 30 DE MAYO DE 1950

Se constituye la Mesa a las diez horas, con los siguientes señores: Excmo. Sr. D. José Luis Rodríguez Pomata, Ingeniero Industrial, en substitución del Presidente titular, Excmo. Sr. D. Federico de la Rocha, que no puede asistir a la reunión por obligaciones ineludibles, y D. Ramón Hurtado de Villaurrutia, Ingeniero Industrial, que actúa de Secretario.

El Presidente abre la sesión, a las diez horas y diez minutos, y concede la palabra a D. Paulino Martínez Cajén, quien lee el trabajo siguiente:

N.º 277. - Ordenación de la propiedad territorial. Enlace del Catastro Parcelario con el Registro de la Propiedad

Autor: D. PAULINO MARTÍNEZ CAJEU
Ingeniero Geógrafo

ORDENACIÓN DE LA PROPIEDAD TERRITORIAL

El fin esencial del Catastro Parcelario, sin el cual no tendría razón de existir, es la ordenación de la Propiedad Territorial.

Esta ordenación es una necesidad cada vez más apremiante, al logro de la que aspiran todas las Leyes de Catastro que en España se han promulgado. El verdadero objeto de estas Leyes de Catastro (23 de marzo de 1906-3 de abril de 1925) era y es la ordenación de la Propiedad Territorial.

Ordenar la propiedad territorial es llegar al conocimiento de cómo existe, de hecho, en un momento determinado. Estará ordenada cuando se sepa cómo está distribuída la tierra en las distintas parcelas o partes que la integran, cuál es el nombre del que se dice poseedor o dueño de cada una de ellas, cuál es su valor y características económicas y de cultivo, cuál es, en fin, de hecho, la existencia de las tierras de España y su distribución entre los españoles, tierras que constituyen los bienes raíces de nuestra Patria. A partir del momento en que quede ordenada la propiedad territorial, será preciso seguir las variaciones que en ella ocurran, de manera que en cada momento se conozca su existencia real verdadera; es decir, será preciso conservar la expresada ordenación constantemente, evitando así que sigamos viendo cómo a espaldas del Estado y sin su intervención, se ha ido formando, principalmente en la mediana y pequeña propiedad, una legalidad privada, un *modus vivendi* del cual aquél no tiene conocimiento.

Obtenida por el Catastro parcelario la ordenación de hecho de la propiedad territorial, será el punto de partida indispensable para establecer qué preceptos será necesario cumplir en el orden jurídico para ejercer el derecho de propiedad en pleno dominio y en forma inatacable. Las parcelas en que no se cumplan tales formalidades, seguirán determinadas por la posesión pacífica de hecho por la que nació su existencia física en el Catastro; posesión que, al ejercerse de conformidad con los propietarios colindantes, supone una firme presunción de derecho con la que, a falta de pruebas más concluyentes, nos deberemos conformar en

una primera ordenación de la propiedad, que, conservada y perfeccionada a través del tiempo, puede conducir a la ordenación jurídica a que como meta se aspira o, por lo menos, a que esté ordenada jurídicamente la parte mayor y más importante de la propiedad territorial.

Más de medio siglo de experiencias, de controversia, de probaturas y de fracasos, de los que, afortunadamente, el Instituto Geográfico y Catastral puede eximirse, demuestran que la ordenación de la propiedad territorial es problema que sólo mediante el Catastro parcelario puede resolverse. Y téngase presente que la ordenación de la propiedad territorial es más imperiosa y apremiante a medida que el conocimiento de la distribución de la tierra y su utilización adquiere mayor importancia. Esta importancia creciente se deduce, sin duda alguna, de los acontecimientos mundiales que estamos presenciando.

EL CATASTRO PARCELARIO JURÍDICO, SÓLO EN CONCEPTO TEÓRICO PUEDE ADMITIRSE

Dos son los argumentos principales que constantemente se han exhibido y se exhiben en contra del Catastro Parcelario que realiza el Instituto Geográfico y Catastral: el primero, es que se persigue un Parcelario jurídico en el cual la existencia jurídica de la parcela debe preceder a su existencia física; el segundo argumento, es que este Catastro jurídico, por su misma perfección, es muy lento y costoso, y necesita un plano parcelario de gran precisión.

Es una afirmación gratuita e inexacta que se persiga ni se haya perseguido nunca un Parcelario en que la existencia jurídica de la parcela debiera preceder a su existencia física.

En el año 1862, la Junta General de Estadística —Organismo antecesor del Instituto Geográfico y Catastral—, dió comienzo a notables trabajos catastrales, que siempre se pusieron como modelo, y todavía hoy día, a pesar del tiempo transcurrido, se consultan en muchas ocasiones y se sacan de ellos muy interesantes datos. Estos trabajos se suspendieron al crearse en el año 1870 el Instituto Geográfico, para dar paso a las redes geodésicas y al mapa, por estimarse ambos labor previa necesaria al Catastro. Se reemprenden los trabajos topográficos parcelarios a final de 1926, como consecuencia de la Ley de 3 de abril de 1925, y continúan en el día de la fecha, sin haber tenido que variar en nada las normas fundamentales de su ejecución. Pues bien, en una y otra ocasión, lo mismo en 1862 que en 1926, la existencia física de la parcela nació de la posesión pacífica de hecho; se partió de la realidad existente en la distribución de las tierras.

No se creyó nunca posible, ni siquiera el intento, de que la existencia jurídica de la parcela precediera a su existencia física.

El llamado Catastro Jurídico se funda en conceptos teóricos de muy difícil traducción a la práctica, porque el nacimiento jurídico de la parcela no se concibe si no nace antes, o por lo menos al mismo tiempo, físicamente. El establecimiento de derechos es cosa vacía y sin contenido, si no se sabe a qué objetos, cosas o cantidades concretas, se refieren esos derechos. Es evidente, por tanto, que han de conocerse los objetos, en este caso las parcelas, antes o simultáneamente con el acto de dilucidar y establecer los derechos que sobre ellas se puedan ejercer. Pero si se quiere dar vida física a las parcelas antes de estudiar los derechos sobre ellas, hay que pensar cuál ha de ser la causa o razón de su nacimiento, porque es una abstracción imposible de concebir y, además, un error fundamental creer que esa cantidad concreta tenga vida por sí misma, sin una razón, sin un motivo al que deba su existencia y por el que constituye el objeto o parcela que en el terreno existe. Si nos empeñásemos en establecer una división de parcelas sin una razón o motivo que les dé existencia física, llegaríamos a una división arbitraria y sin conexión alguna con el estudio de los derechos que sobre ellas puedan existir o alegarse, resultando de ello una confusión y desorden tan ciertos y completos que la obra podría darse por fracasada al empezar; pero si, por el contrario, encontramos un motivo al que las parcelas deban su nacimiento físico, tal que en la inmensa mayoría de los casos, las parcelas de hecho así determinadas, concuerden con las de derecho cuando éste pueda mostrarse con evidencia, habremos resuelto el problema. Este motivo que ha de determinar en estas condiciones el nacimiento físico de las parcelas, no puede ser otro que la «posesión pacífica de hecho»; motivo garantizado por acabada y completa experiencia demostrativa de que, en la inmensa mayoría de los casos, la posesión pacífica de hecho concuerda con el derecho, aunque de momento no pueda éste probarse ni mostrarse con evidencia. Ya la Ley Hipotecaria básica de 8 de febrero de 1861 reconoció, y casi siempre es cierto, que la posesión es una verdadera propiedad falta de título.

Así, buscando el modo de obtener el Catastro jurídico, hemos llegado, por incontrovertibles razones, sancionadas, además, por la experiencia de más de medio siglo, a la conclusión de que aquél requiere como labor previa indispensable el establecimiento de un Catastro fundado en la posesión pacífica de hecho que pudiéramos llamar Catastro parcelario geométrico.

El nombre de Catastro parcelario geométrico es el más adecuado, porque los límites de las propiedades que en la antigüedad y en la época del feudalismo eran casi siempre líneas naturales y bien características determinadas por accidentes topográficos, han variado a través del tiempo en los países civilizados, y especialmente en Europa, hasta convertirse en la actual división parcelaria que no está casi nunca, especialmente en la mediana y pequeña propiedad, determinada por líneas que señalen accidentes topográficos, sino por líneas puramente ideales a que han conducido la ley de división de las herencias, las modificaciones y particiones por compras y ventas y el rápido movimiento que agita la propiedad territorial, originando una división parcelaria que adquiere las formas geométricas más variadas, sin relación casi nunca con los accidentes geográficos.

Sólo queda analizar el otro camino, al que anteriormente hemos aludido, que es aquél en que el nacimiento jurídico y físico de la parcela fuesen simultáneos. Teóricamente, esto es posible; pero, prácticamente, conduce a dificultades insuperables, porque en la mayoría de los casos no podrían, los que se considerasen dueños de las parcelas y aunque estuviesen en posesión de ellas, probar el derecho al dominio de modo seguro e inatacable. La mayoría de las parcelas se poseen sin títulos o con títulos muy deficientes, que no son sino testimonios de actos y contratos que nada dicen, o a lo más dan una vaga idea del objeto a que se refieren. Suponen una garantía respecto de los actos o contratos que en ellos se expresan, considerando en abstracto el

objeto a que se refieren; pero en cuanto haya que materializar éste, en el momento que necesitemos saber la cantidad o cosa concreta de que se trata, se pone de manifiesto su ineficacia. El verdadero título de propiedad, es decir, el documento escrito que ponga de manifiesto y garantice el derecho de disfrutar exclusiva y pacíficamente de una o varias porciones de terreno perfectamente concretas y conocidas, no existe.

Y si por excepción existiese un título en que se describiese en forma gráfica o con datos numéricos suficientes referidos a puntos conocidos y permanentes del terreno, el trozo de tierra a que el título se refiere, de modo que este trozo o parcela se pudiese localizar en el terreno en su verdadro sitio, forma y extensión, estaríamos en presencia de un título real y efectivo; pero en él se habría reunido junto a la consignación del derecho y el nombre de la persona que lo ejerce, el plano gráfico o numérico de la parcela, esto es: estaríamos en presencia del Catastro mismo que buscamos, de donde llegamos a la conclusión de que con títulos reales y efectivos podría nacer la parcela al mismo tiempo física y jurídicamente; pero si para tener títulos reales y efectivos es necesario el Catastro, y para lograr el deslinde previo de parcelas que conduzca a éste se necesitan, a su vez, títulos reales y efectivos, quedamos cerrados en un círculo vicioso del que jamás saldremos.

Creemos haber probado que el llamado Parcelario Jurídico sólo en concepto teórico puede admitirse, lo cual no quiere decir que no pueda llegarse a la ordenación jurídica de la propiedad territorial, como luego indicaremos; pero partiendo de un Catastro fundado en la posesión pacífica de hecho, tal como en España se realiza por el Instituto Geográfico y Catastral, designado con el nombre de Catastro Topográfico Parcelario, aunque más propiamente debiera llamarse Catastro Parcelario Geométrico.

PRECISIÓN DE LOS PLANOS PARCELARIOS PARA EL CATASTRO JURÍDICO

Se ha argumentado, y quizá se argumente todavía, que el Caun plano parcelario de gran precisión. Pero la precisión de los tastro Parcelario jurídico es muy lento y costoso. porque necesita planos parcelarios nada tiene que ver con que el Catastro sea jurídico o no lo sea. Porque la misión de los planos en el Catastro jurídico, aunque importantísima, se limita al conocimiento del objeto o inmueble; esto es, a proporcionar el sello de autenticidad de la parcela a que el derecho se refiere, de donde resulta con evidencia que la mayor o menor precisión de los planos, sólo influirá en la mayor o menor precisión con que conozcamos dicho inmueble o parcela; pero no afectará en manera alguna al derecho mismo. Puede haber un Catastro modelo en el orden jurídico con unos planos de mediana precisión, del mismo modo que se concibe un Catastro con grandes defectos desde el punto de vista jurídico y unos planos exactísimos. La incertidumbre que se puede admitir en la determinación del inmueble o parcela dependerá casi exclusivamente del valor del terreno; allí donde el terreno tenga gran valor no podrá admitirse la incertidumbre de unos metros cuadrados, y, en cambio, donde el terreno valga menos la incertidumbre podrá ser mayor, llegando a las máximas tolerancias donde el terreno tenga muy escaso valor.

No es cierto, por tanto, que el Catastro jurídico requiera forzosamente, y por el hecho de serlo, una gran precisión topográfica, y quede bien sentada la conclusión de que la precisión de los planos dependerá casi exclusivamente del valor del terreno.

EL CATASTRO PARCELARIO FISCAL ES UNA ABSTRACCIÓN IRREALIZABLE EN LA PRÁCTICA

El Catastro parcelario fiscal es una abstracción irrealizable en la práctica. Porque si imaginamos un Catastro parcelario exclusivamente fiscal y que no sirve, al propio tiempo, para los otros fines y aplicaciones del Catastro, fácil nos será demostrar que si no sirve para estas aplicaciones, tampoco servirá para los fines fiscales, lo que equivale a decir que, en tal caso, dicho Catastro parcelario fiscal tendría que ser clasificado como un intento no logrado y habría quedado en realidad inexistente. Y, recíprocamente, si dicho Catastro parcelario es útil para los fines fiscales, también lo será para los restantes fines, resultando que, en este caso, a dicho Catastro parcelario no le es apropiado el nombre restringido de fiscal, sino que estaremos en presencia de un verdadero Catastro parcelario fundado en la posesión pacífica de hecho, es decir, del instrumento ordenador de la propiedad, que anteriormente hemos definido y explicado, el cual ha de ser base y punto de partida inexcusable para toda clase de aplicaciones jurídicas y fiscales. En otros términos: si buscando un instrumento exclusivamente fiscal, se quiere eliminar las otras aplicaciones, los otros aspectos del Catastro, para no estorbar aquel fin, se cometerá un error gravísimo, porque nunca servirá plena y satisfactoriamente el Catastro al objeto fiscal, si no se logra el más fundamental, el que constituye su razón de ser: la ordenación de la propiedad territorial.

Punto de partida inexcusable del Catastro parcelario fiscal, es conocer el nombre de la persona que ha de pagar el impuesto y el trozo de tierra o parcela a que éste se refiere. Ello nos conduce a partir, para un tal Catastro, de la posesión pacífica de hecho, condición mínima que ha de intervenir, porque sin ella no sabríamos nada de la persona que ha de pagar el impuesto, ni del objeto a que éste se refiere.

Ya tenemos un primer punto común, y de los más importantes, entre el llamado Catastro parcelario fiscal y el Catastro parcelario de la propiedad territorial.

Ahora se necesitará un plano, documento gráfico, u otro medio apropiado, que dé fe de la existencia física de la finca o parcela, logrado lo cual, esa finca tendrá existencia individual en el orden económico y podrá valorarse y estudiarse cuidadosamente desde el punto de vista fiscal.

Descartaremos la descripción literal de las parcelas, que durante buen número de años se llevó a efecto, no sin señalar que con tan acabada experiencia se demostró que esas descripciones literales, inservibles desde luego para la ordenación de la propiedad territorial, tampoco sirvieron para el parcelario fiscal que, con el nombre de Avance, se llevaba a efecto, y hubo que abandonar el sistema.

En conclusión: un Catastro fiscal que no sirva para los otros fines y aplicaciones del Catastro, tampoco servirá para los fines fiscales, resultando, en definitiva, inexistente. Y si sirve eficazmente para los fines fiscales, servirá también para los otros fines

y no será ya un Catastro fiscal, sino un Catastro ordenador de la propiedad territorial. Por tanto, el Catastro parcelario puramente fiscal, es una abstracción irrealizable en la práctica.

PRECISIÓN DE LOS PLANOS PARCELARIOS PARA EL CATASTRO FISCAL

Queda determinar cuál es el documento gráfico o plano mínimo que se necesitará para dar fe de la existencia física de la parcela, proporcionando el sello de autenticidad que el fisco necesita en cuanto a la finca o trozo de terreno concreto a que se refiere el impuesto.

La mayor o menor precisión de ese plano o documento gráfico, dependerá de la mayor o menor perfección con que queramos conocer el objeto o parcela sobre que se ejerce posesión y ha de recaer el impuesto; y esta perfección dependerá, a su vez, del valor del terreno en primer término, y de la intensidad o nivel del impuesto, en segundo. Las necesidades económicas, siempre crecientes, de los Estados modernos, hacen que la intensidad de los impuestos aumente constantemente, lo cual trae como consecuencia forzosa que haya de conocerse cada vez con más exactitud lo que cada poseedor o propietario haya de pagar de contribución por sus tierras, lográndose la justicia distributiva en el impuesto, que es el fin esencial del parcelario fiscal.

En consecuencia, llegamos a la conclusión de que el coeficiente de precisión de los planos en el Catastro parcelario fiscal depende, lo mismo que en el Catastro jurídico, del valor del terreno.

Queda por dilucidar si a igualdad del valor del terreno, el coeficiente de precisión de los planos debe ser igual o diferente, según se trate de uno u otro Catastro.

La contestación a esta pregunta se deduce claramente de todos los razonamientos que llevamos expuestos, porque si en todos los casos, el papel de los planos no es otro que dar fe de la existencia física del inmueble, no se podrán admitir incertidumbres que modifiquen sensiblemente su valor, porque ello equivaldría a admitirlas también en la cantidad concreta, sobre la que se ejerce posesión o dominio, o bien se quiere imponer el tributo, cantidad concreta que el plano debe garantizar.

Basta estudiar la precisión de los planos parcelarios de los distintos países de Europa, ya se trate de Catastros jurídicos o de Catastros fiscales, para convencerse de que la precisión de los planos es igual en unos que en otros Catastros.

ORDENACIÓN JURÍDICA DE LA PROPIEDAD MEDIANTE EL ENLACE DEL CATASTRO PARCELARIO CON EL REGISTRO DE LA PROPIEDAD

Demostrado que en España el Catastro parcelario jurídico sólo en concepto teórico puede admitirse, ¿quiere ello decir que hemos de renunciar a la ordenación jurídica de la propiedad? En modo alguno. Ello no significa sino que en España el buen camino, el único camino, para la prueba del derecho de propiedad tras de la que tantos años se viene luchando, es la coordinación del Registro de la Propiedad con el Catastro parcelario geométrico. La presunción del derecho que se obtiene en éste por la interpretación pacífica del modo como cada cual vive su derecho de conformidad con los propietarios o poseedores colindantes, nos puede dar más tarde, una vez formado el Catastro parcelario geométrico y mediante su coordinación con el Registro, la prueba del derecho de propiedad y la ordenación jurídica que se busca.

El Catastro parcelario geométrico dará desde el primer momento asiento firme y seguro al objeto sobre que ha de versar el derecho, haciéndole gráficamente cognoscible y contrastado con el sello del Poder público, y ya es mucho. Después, por su coordinación con el Registro, se logrará también dar asiento firme y seguro al derecho, y ya es todo.

Con un Catastro parcelario jurídico no tendría razón de ser el Registro de la Propiedad, tal como en España se instituyó; pero a su vez, creado el Registro, quedaba sin justificación el Catastro jurídico.

En España hemos de partir de sus costumbres y leyes tradicionales y no tratar de copiar lo extranjero, para lo cual, además, en este caso, habría que cambiar totalmente aquéllas, empezando por anular o suprimir el Registro de la Propiedad.

Alguna vez se ha hablado de implantar en España el procedimiento de sir Torrens, aplicado en Australia, el sistema alemán u otros análogos extranjeros; pero establecer uno de esos sistemas en España supondría la supresión del Registro de la Propiedad y un cambio tan hondo y radical en nuestras costumbres y legislación, que no es aconsejable el intento.

En España, la misión de ordenar jurídicamente la propiedad ha estado reservada siempre al Registro. Pero esta institución, pletórica y robusta en substancia jurídica, adolece de la falta casi absoluta de substancia física, o, en otros términos, en el Registro quedan meticulosamente reconocidos e inscritos los derechos, pero de la cantidad concreta o inmueble a que esos derechos se refieren, sólo se consignan, en la mayoría de los casos, descripciones vagas e inciertas que nada garantizan y con las que es imposible saber con certeza cuáles son los trozos de tierra o parcelas a que la inscripción se refiere. El Catastro parcelario geométrico tiene, en cambio, en sus planos parcelarios, la substancia física que al Registro le falta y, por tanto, con el enlace o coordinación de ambos, puede obtenerse la ordenación jurídica de la propiedad.

Hay que reconocer que esa coordinación no está exenta de dificultades, porque por pronto que sea cuando el Catastro y el Registro de la Propiedad deban ponerse de acuerdo en un territorio, el segundo llevará ochenta y nueve años de existencia movido por la máquina que creó la Ley Hipotecaria de 8 de febrero de 1861, exquisita en el examen de la legalidad de los derechos que hayan de inscribirse, pero extremadamente liviana en cuanto a las circunstancias de descripción de los predios, cuya existencia nadie garantiza. He aquí la primera dificultad; aun constando inscrita la finca rústica en el Registro, será difícil en muchos casos reconocerla en su plano y cédula catastral, como es difícil reconocer una persona o una cosa en su fotografía, por la simple descripción literal o verbal de sus rasgos principales.

La segunda dificultad es quizá de mayor alcance, y dimana de que la inscripción en el Registro de la Propiedad es voluntaria, y de que en muchos de ellos ni la tercera parte de la propiedad se halla inscrita. En su consecuencia, de no adoptarse determinaciones nuevas y urgentes, volveremos al anterior enigma, pero al revés: existirán fincas catastradas de autenticidad indudable, pero no sabremos quiénes son sus dueños, en derecho.

Estas dificultades ponen de relieve defectos que requieren urgente remedio, porque de subsistir, anularán gran parte del beneficio y utilidad que el Catastro y el Registro deben rendir. Es muy de lamentar que funcionando separadamente, de modo aceptable, el Catastro y el Registro de la Propiedad, se pierda la principal utilidad de ambas Instituciones por no relacionarlas debidamente.

Quede de paso aclarada la confusión, muy frecuente, entre los conceptos «Catastro jurídico» y Ordenación jurídica de la Propiedad. El primero expresa un medio, un camino; el segundo una finalidad. Por el Catastro jurídico, si fuese posible establecerlo, se llegaría a ordenar jurídicamente la propiedad; pero también se llega dando al Registro por medio de los planos parcelarios del Catastro geométrico, el elemento que le falta para lograr la expresada finalidad.

Este modo de ordenar jurídicamente la propiedad, mediante el enlace del Catastro con el Registro, es un sistema muy español que arranca desde la Junta General de Estadística en el año 1862. A esta coordinación se viene aspirando inútilmente desde hace más de ochenta años. Es verdad que faltaba el primer paso, que era obtener el plano parcelario; porque para coordinar dos cosas es necesario que existan las dos, y hasta el año 1926, y salvo los limitados trabajos catastrales de aquella Junta, que, aunque muy perfectos, más tuvieron el carácter de estudio y experiencia, sólo existía una: el Registro.

Por de pronto, ha podido y debido llevarse ya a la práctica la obligación de que al inscribirse en el Registro de la Propiedad una finca perteneciente a un término municipal, donde el plano parcelario esté aprobado, sea obligatorio señalar, por lo menos, el número del polígono a que pertenece y el número o números que tenga la finca dentro de él. Obligación fácil de cumplir, pues esos números deben ser públicos y obtenerse por certificado gratuito o de muy pequeño coste.

Por Real Orden de 14 de mayo de 1928 se creó una Comisión oficial, de la que formaban parte prestigiosos notarios y registradores de la Propiedad, presidida por el ingeniero geógrafo que actuaba de secretario de la Junta Superior de Catastro.

Dicha Comisión propuso como aspiración mínima lo que pudiéramos llamar coordinación parcial, consistente en que las fincas inscritas en el Registro, alcanzasen, desde luego, por medio del Catastro, la fe pública de su existencia física; y como aspiración suprema, lograr que figurasen de algún modo todas las fincas en el Registro, ya que todas figuran en el Catastro, para conseguir de tal manera la coordinación completa y total.

La aspiración mínima debe sostenerse, y no creemos presente grandes dificultades para su realización. La mayor es vencer la pereza, la fuerza de inercia que se opone a todo lo que sea cambio o innovación, y si acaso, también, el recelo de los propietarios para todo lo que se relaciona con el Catastro, debido, quizá, al tono exclusivamente fiscal que siempre se le ha querido dar.

Para lograr la aspiración máxima se llegó a proponer la inscripción obligatoria en el Registro. No se ocultaba a los ilustres juristas que componían la Comisión, los grandes inconvenientes de tal medida; pero no conceptuaban imposible llevarla a la práctica y, en todo caso, siempre señalaría la meta hacia la que se debe caminar.

CONCLUSIÓN

Como resultado de todo lo expuesto tenemos el honor de proponer que el Congreso Nacional de Ingeniería solicite de los Poderes Públicos que se estudien e implanten las necesarias y urgentes medidas para la coordinación y enlace permanente del Catastro y el Registro de la Propiedad.

Madrid, 20 de mayo de 1950.

Sometido a debate este tema, intervienen varios Congresistas, que coinciden en que este punto es una faceta del divorcio que existe entre los diferentes Organismos estatales, tanto nacionales como provinciales y municipales, el cual, además de originar, en muchos casos, duplicidades costosísimas para el Erario público y con frecuencia no coincidentes, significan cantera permanente e inagotable, no sólo de perjuicios para el Estado, sino de trastornos, continuas trabas y gravámenes notoriamente excesivos para las diferentes ramas de la producción nacional.

Se acuerda, por unanimidad, se haga constar en las Conclusiones, la conveniencia de unificar, simplificar y aligerar los servicios estatales, beneficiándose de esta forma el Estado, que puede reducir sus cifras presupuestarias y las Empresas de toda índole que podrían gozar de menor intensidad contributiva, disfrutando, al par, de mayor eficiencia los servicios oficiales.

A continuación, el Sr. Presidente concede la palabra al Sr. Soler Carreras, D. David, quien lee el siguiente trabajo:

GRUPO X
SECCIÓN 3.ª

N.º 197. - Los factores distributivos en la industrialización española

Autor: D. DAVID SOLER CARRERAS
Ingeniero Industrial

§ 0. INTRODUCCIÓN

1. OBJETO DEL ESTUDIO.

La presente monografía contiene una parte —aquélla que ofrece un interés general— de los estudios efectuados por su autor en el cumplimiento de la misión que le fué confiada de impulsar el desarrollo industrial de la provincia de Lugo. Las circunstancias en que ésta se desenvuelve son notables: «Con una industria prácticamente inexistente hasta el año 1939, la corriente inmigratoria de dinero que afluyó a la provincia en los primeros años de la postguerra a consecuencia de la revalorización de sus productos determinó la implantación de algunas instalaciones de cierta importancia que parecieron indicar el comienzo de un proceso de industrialización de la misma, pero tal tendencia no se ha mantenido, y mucho antes de que la industria alcanzara la intensidad que era de esperar dadas las condiciones naturales de la provincia; no sólo se detuvo, sino que en la actualidad más bien propende a un cambio de signo por la emigración a otras zonas de algunas de sus instalaciones.

»Fenómeno tan opuesto al que era de esperar llegó a convencer al autor de la existencia de factores que se oponían, antes como ahora, a la industrialización de la provincia en el grado deseable, por lo que estimó conveniente proceder a su investigación, con la esperanza de que una vez conocidos y tenidos en cuenta serían más fáciles de combatir y hacer desaparecer o, en el caso de reputarse insuperables o simplemente de interés preferente, renunciar definitivamente a la industrialización proyectada y dejar que la vida de la provincia siguiera el mismo curso sosegado que se había prolongado durante siglos.» Los resultados obtenidos son de orden muy vario: algunos de ellos, de ámbito puramente local, sólo ofrecen interés para reducido número de personas, por lo que se ha omitido su exposición; pero otros tienen carácter completamente general y revisten suma importancia, no sólo por las relaciones —poco conocidas hasta ahora— que ponen al descubierto, sino —y de modo muy principal— por la necesidad de ser tenidas en cuenta en todo intento serio de ordenación de la industria nacional, e incluso, en términos generales, en toda determinación de una política económica que persiga como objetivo conseguir, con probabilidades de éxito, la elevación del nivel medio de vida de los españoles.

2. MÉTODO Y PLAN.

Al no haberse propuesto el autor como fin de sus investigaciones la confirmación de teorías fijadas de antemano, sino exclusivamente el de llegar al conocimiento de los factores determinativos de la distribución territorial de la industria española en el momento actual, el método utilizado ha sido el corriente en todos los trabajos de carácter científico: partir de un cierto conocimiento de los hechos y estudiar las relaciones existentes entre esos hechos y otros también conocidos haciendo uso de hipótesis que se comprueban para determinar su admisibilidad. Desde luego, la presente exposición no comprende todas las hipótesis efectuadas, sino tan sólo aquéllas cuya validez se ha podido demostrar. Ha sido preocupación constante en todo el curso de los ensayos conseguir un máximo de objetividad mediante la renuncia, hasta donde ha sido posible, a toda consideración de carácter intuitivo, para lo cual no sólo se ha tomado como base de las investigaciones datos estadísticos extraídos de publicaciones oficiales, sino que en la determinación de los índices empleados se ha intentado proceder de acuerdo con las tendencias modernas de la doctrina económica, mientras poderosas razones no han obligado a apartarse de ellas. Es indudable que los datos oficiales pueden contener errores, y hasta en algún caso, excesivamente evidente; se ha procurado corregirlos, pero se ha estimado que cualquier otra alteración efectuada en estas materiales fundamentales podría significar una petición de principio, y poner inconscientemente como antecedente aquellos mismos que se pretendía, también inconscientemente, deducir.

Los datos estadísticos proceden todos de las publicaciones del Instituto Nacional de Estadística: población absoluta y relativa, extensión superficial y clasificación de los habitantes de cada provincia, según grupos profesionales. Todos ellos se refieren al censo de 31 de diciembre de 1940, último publicado. Se ha considerado como producción secundaria o industrial, de acuerdo

con la clasificación de Colin Clark, la comprendida en los grupos III a XV, ambos inclusive, que se refieren, respectivamente, a Minas y canteras, Industrias alimenticias, Industrias químicas, Artes Gráficas, Industrias textiles, Confecciones, Cueros y pieles, Industrias de la madera, Metalúrgica, Trabajo de los metales, Trabajo de los metales finos, Construcción e Industrias varias; como producción primaria la de los grupos I, Pesca, y II, Forestal y agrícola, y como producción terciaria o de servicios la de los grupos XVI a XXII: Transportes, Comercios, Servicio doméstico, Fuerza pública, Administración pública, Culto y Clero y Profesiones liberales. Se ha admitido que el número de productores secundarios refleja la importancia relativa de las industrias; esta hipótesis, seguramente no exacta si se atiende al volumen de la riqueza creada —uno de los puntos de vista desde los cuales puede ser considerada la industria—, es no sólo ineludible por no existir otra base estadística utilizable, sino también la más adecuada si se la examina desde el otro más fundamental de contribución del hombre mediante su actividad a la creación de aquella riqueza. Conviene señalar, además, que no estando intervenido el número de productores de cada industria, no existe interés alguno en la alteración voluntaria de las declaraciones que han servido de base a la confección de las estadísticas, lo que proporciona mayor seguridad a los resultados.

El plan seguido en la exposición es: Partiendo del número de productores industriales de cada provincia, se estudian las relaciones de este número con su situación geográfica y su densidad para determinar las leyes geométricas y demográficas que rigen la distribución territorial de la industrialización española; obtenidas éstas se investigan las causas o factores que influyen sobre las desviaciones observadas y como final se indican las consecuencias de carácter general que se deducen de los resultados obtenidos.

§ 1. EL FACTOR GEOMÉTRICO

3. Los valores absolutos de la industrialización.

Al no ser, en último término, los estudios científicos más que comparaciones realizadas entre datos expresados numéricamente, el primer problema que aparece al intentar el estudio de la industrialización española es el de conseguir traducirla en cifras mediante una agrupación territorial adecuada de los elementos que la materializan. Esta agrupación habrá de contener, forzosamente, cierta dosis de arbitrariedad, pues si bien la industrialización es proceso discontinuo cuyas células son las distintas empresas industriales ubicadas en su mayoría en lugares totalmente determinados, la relativa proximidad espacial de aquellas células no nos proporciona ninguna indicación racional sobre el criterio a seguir en las divisiones territoriales a efectuar. Por no haber razones especiales que aboguen por una división distinta de la provincia, nos decidiremos por ésta, que, además de la comodidad que resulta de ser la adoptada por las estadísticas oficiales que nos han de servir de base, posee en su favor la circunstancia de haber contribuído poderosamente a la creación de un ambiente administrativo y comercial, dentro del cual ha tenido la industria que desenvolverse.

La tercera columna del cuadro núm. 1 expresa el número de productores industriales, calculado del modo indicado en 2, de cada una de las provincias españolas; con objeto de hacer más asequible los resultados, los ordenaremos según sus valores:

En orden descendente:

1.	Barcelona	444.649
2.	Madrid	167.095
3.	Valencia	120.822
4.	Oviedo	103.008
5.	Sevilla	91.362
6.	Vizcaya	86.317
7.	Alicante	81.576
8.	Guipúzcoa	56.757
9.	Zaragoza	55.893
10.	Córdoba	55.874
11.	Cádiz	55.408
12.	Coruña	50.498
13.	Murcia	47.667
14.	Jaén	47.264
15.	Baleares	47.045
16.	Málaga	41.434
17.	Gerona	41.381
18.	Pontevedra	38.628
19.	Santander	38.614
20.	Granada	35.149
21.	Badajoz	32.445
22.	Huelva	32.158
23.	Tarragona	28.598
24.	Ciudad Real	28.240
25.	León	27.313

En orden ascendente:

50.	Soria	3.426
49.	Guadalajara	4.619
48.	Avila	5.608
47.	Teruel	6.784
46.	Zamora	8.863
45.	Segovia	9.088
44.	Cuenca	9.841
43.	Álava	10.473
42.	Lugo	10.760
41.	Orense	10.972
40.	Toledo	11.957
39.	Castellón	13.469
38.	Albacete	15.462
37.	Salamanca	15.988
36.	Logroño	16.634
35.	Santa Cruz	17.140
34.	Palencia	17.310
33.	Las Palmas	17.698
32.	Huesca	17.950
31.	Lérida	18.286
30.	Valladolid	20.538
29.	Almería	20.573
28.	Cáceres	20.847
27.	Navarra	25.671
26.	Burgos	26.579

Un somero examen de estas cifras y del mapa de la figura número 1, que constituye su representación gráfica, nos hace observar dos hechos:

1.º Los mayores valores absolutos de industrialización tienden a corresponder a provincias litorales: (1) lo son 4 de las 5 pri-

(1) Incluímos entre las mismas a la de Sevilla por la gran importancia de su puerto fluvial.

meras, 7 de las 10 primeras, 11 de 15, 16 de 20, 18 de 25; los valores menores a provincias interiores: lo son las 5 primeras, 9 de 10, 13 de 15, 16 de 20, 20 de 25.

2.º Mientras las provincias de pequeña industrialización tienden a formar un grupo —lo forman realmente, sin más solución de continuidad que el hueco correspondiente a Madrid, 8 de las 12 últimas—, no se observa ningún fenómeno análogo entre las de industrialización grande.

4. La densidad industrial.

Los valores absolutos de industrialización, tal como se acaban de exponer, no pueden darnos indicaciones más precisas sobre la distribución geométrica de aquélla por padecer de un vicio de origen que resta valor a los resultados obtenidos de su comparación: la muy distinta extensión de las provincias españolas. Así, ni cabe deducir grandes consecuencias de la circunstancia de que las provincias de Cuenca y Álava tengan un número análogo de productores industriales si tenemos en cuenta que la primera de ellas tiene una extensión casi 6 veces superior a la segunda, ni de que Asturias tenga más población industrial que Vizcaya si en cambio es menor que la del conjunto de las tres provincias vascas, cuya extensión total es inferior a la de aquélla.

Estas consideraciones nos han inducido a calcular el número de productores industriales por kilómetro cuadrado de cada provincia, número al que llamaremos *densidad industrial* de la misma. Ordenando por escalas descendentes y ascendentes de magnitudes los datos que figuran en la columna 4.ª del cuadro número 1, se obtiene:

En orden descendente:

1. Barcelona	57,7
2. Vizcaya	39,3
3. Guipúzcoa	30,1
4. Madrid	20,9
5. Alicante	13,9
6. Valencia	11,2
7. Oviedo	9,5
8. Baleares	9,4
9. Pontevedra	8,8
10. Cádiz	7,6
11. Santander	7,3
12. Gerona	7,0
13. Sevilla	6,5
14. Coruña	6,4
15. Málaga	5,7
16. Santa Cruz	5,3
17. Tarragona	4,6
18. Las Palmas	4,4
19. Murcia	4,2
20. Córdoba	4,1
21. Jaén	3,5
22. Álava	3,4
23. Zaragoza	3,3
24. Huelva	3,2
25. Logroño	3,1

En orden ascendente:

50 Soria	0,3
49. Guadalajara	0,4
48. Teruel	0,5
47. Cuenca	0,6
46. Avila	0,7
45. Zamora	0,8
44. Toledo	0,8
43. Albacete	1,0
42. Cáceres	1,0
41. Lugo	1,1
40. Huesca	1,1
39. Segovia	1,3
38. Salamanca	1,3
37. Ciudad Real	1,4
36. Badajoz	1,5
35. Lérida	1,5
34. Orense	1,6
33. León	1,8
32. Burgos	1,9
31. Castellón	2,0
30. Palencia	2,2
29. Almería	2,3
28. Valladolid	2,5
27. Navarra	2,5
26. Granada	2,8

Estas cifras confirman y refuerzan las observaciones efectuadas en 3; en efecto:

1.º La tendencia marítima de las provincias de gran valor absoluto de industrialización se confirma y afianza en las de gran densidad industrial; así la serie 4, 7, 11, 16, 18 de las 25 primeras aumenta hasta 4, 9, 14, 18, 19, con incrementos de 0, 2, 3, 2 y 1 respectivamente en sus términos. Lo mismo ocurre con la tendencia hacia el interior en las provincias de pequeña densidad industrial; la serie 5, 9, 13, 16, 20, pasa a ser 5, 9, 14, 18, 21, con aumentos de 0, 0, 1, 2 y 1.

2.º La tendencia a agruparse que señalaban las provincias de menor industrialización absoluta se acentúa asimismo en las de menor densidad industrial; basta observar que sólo dos de entre las 15 últimas —Lugo y Huesca— son exteriores al gran núcleo que abarca casi toda la meseta central. En las provincias de gran densidad aparece ahora también esta tendencia, pero en una forma algo variada: en lugar de agruparse alrededor de un núcleo único lo hacen en torno de un cierto número de núcleos distintos. Así, y refiriéndonos concretamente a las 20 primeras, se observa (véase el mapa de la fig. 2) uno formado por Gerona, Barcelona y Tarragona y al que podríamos unir las Islas Baleares; otro formado por Valencia, Alicante y Murcia; un tercero por Cádiz, Sevilla, Málaga y Córdoba; otro por Pontevedra y La Coruña, y un quinto y último por Asturias, Santander, Vizcaya y Guipúzcoa. En el centro se presenta solitario el núcleo de Madrid. Un examen más detenido del mapa nos indicará la existencia de dos nuevos núcleos, de densidades industriales mucho más bajas, pero rodeados ambos de provincias de densidad aún menor: Zaragoza con 3,3 y Valladolid con 2,5.

5. La influencia de las capitales.

Interesa ahora considerar la influencia que sobre la industrialización de cada provincia ejerce la de su capital, no sólo porque en muchos casos las circunstancias que determinan la de ésta son totalmente distintas a las que obran sobre la del resto de aquélla, sino, y principalmente, porque la influencia de las capitales sobre la densidad industrial de las provincias depende en alto grado de la extensión superficial de las mismas.

Para ello consideraremos como capital industrial de una provincia a aquél de sus núcleos de población que reúna el mayor número de productores industriales, coincida o no con la capital administrativa; en el caso de que un sólo núcleo urbano abarque más de un término municipal —por ejemplo, Madrid y su contorno—, tomaremos como número de productores de la capital el total de los del núcleo.

Desde este punto de vista cabe distinguir tres tipos de provincias: I. De gran industrialización total; por ejemplo, Alicante, con 13,9 y 11,1 productores industriales por km² según se incluyan o no los de su capital industrial —que en este caso es Elche, con mayor número de productores que Alicante y Alcoy—. II. De industrialización concentrada, como Valencia, con 11,2 y 3,9 respectivamente. III. De poca industrialización, como Toledo, con 0,8 y 0,7.

En las columnas 5 a 8 del cuadro núm. 1 se indican, sucesivamente, el nombre de la capital industrial de la provincia, el número de sus productores industriales, el de los del resto de la provincia y la densidad industrial correspondiente a este resto. Los cuadros números 2 y 3 expresan la influencia que ejerce sobre cada provincia su capital industrial, al comparar el orden relativo de las provincias en valores absolutos de industrialización y densidades industriales antes y después de haber deducido las cifras correspondientes a las capitales. El examen de la fig. 3, que representa las capitales industriales de las distintas provincias y su densidad industrial sin ellas, destaca con singular claridad un hecho de sumo interés: que mientras los grupos industrializados del litoral conservan con pocas variaciones sus situaciones respectivas, los máximos relativos del interior tienden a desaparecer (caso de Madrid, que de una densidad 17 veces superior a la de la provincia contigua de densidad más elevada —Segovia—, pasa ahora a ser poco más del doble —20,9 y 1,3, y 2,0 y 0,9 respectivamente—) o desaparecen por completo (caso de Valladolid y Zaragoza, con más de una provincia contigua de densidades ahora superiores). De donde se deduce que las concentraciones industriales se clasifican, por su situación geométrica, en dos categorías: I. Litorales, que corresponden a zonas industriales, y II. Interiores, formadas por núcleos aislados.

6. Las concentraciones industriales en particular.

Pasemos ahora al estudio concreto de la distribución geométrica de la industrialización española, es decir, a la determinación de aquellas zonas y núcleos existentes en la misma, para ver de descubrir en su ubicación alguna ley de regularidad que revele la existencia de factores de orden puramente geométrico influyente en su situación. Nótese bien que con ello no quiere darse a entender que la situación de tales zonas se deba exclusivamente a razones de carácter geométrico, pero no cabe dudar que si en el estudio que estamos desarrollando pudiera deducirse una ley que nos mostrara la existencia de alguna razón de tal carácter, ésta sería de extraordinaria importancia por representar una concreción tangible de las circunstancias de orden sumamente complejo que han influído en aquella distribución. Para ello nos será de suma utilidad el estudio de los mapas de las figuras 1, 2 y 3.

En el mapa núm. 1, representativo de los valores absolutos de industrialización de cada provincia, observamos la existencia de 7 máximos relativos de industrialización, es decir, de 7 provincias cuyo valor absoluto de industrialización es superior al de todas sus limítrofes. Tres de ellos son muy acusadas, con valores absolutos muy altos en relación a los de las provincias contiguas y aún superior a la suma de los de todas ellas: Barcelona, con 445 y 88; Madrid, con 167 y 42, y Oviedo, con 103 y 77; los otros máximos corresponden a provincias con otras contiguas cuyo valor absoluto de industrialización es de un orden relativamente análogo: Valencia con 121 al lado de Alicante con 82, Sevilla con 91 al lado de Córdoba con 56 y Cádiz con 55, La Coruña, con 50 vecina a Pontevedra con 39, Vizcaya con 86 inmediata a Guipúzcoa con 57.

En el mapa 2, correspondiente a las densidades industriales, se observan 9 máximos relativos, pero sólo dos de ellos, Barcelona, con 57,7 y Madrid con 20,9, se ofrecen muy acusadas y varias veces superiores a las de las provincias inmediatas; los demás tienen a su lado provincias de densidad comparable: Vizcaya (39,3) tiene a Guipúzcoa (30,1), Alicante (13,9) a Valencia (11,2), Oviedo (9,5) a Santander (7,3), Pontevedra (8,8) a Coruña (6,4), Cádiz (7,6) a Sevilla (6,5) y Málaga (5,7), Zaragoza (3,3) a Logroño (3,1) y Navarra (2,5), Valladolid (2,5) a Palencia (2,2).

En la fig. 3, en que se representan las densidades industriales de las provincias prescindiendo de sus capitales industriales, se mantiene muy acusado el máximo de Barcelona con 25,2 y se acentúa el de Alicante con 11,1 frente a Valencia con 3,9, pero el de Madrid se reduce extraordinariamente y los demás o siguen siendo poco pronunciados, como los de Vizcaya (24,0) frente a Guipúzcoa con 21,4, Oviedo (8,3) frente a Santander con 4,7, Pontevedra con 6,3 al lado de Coruña con 4,4 y Cádiz con 6,0 vecino a Sevilla con 3,4, o desaparecen por completo como ocurre con Zaragoza y Valladolid, lo que indica que sus máximos de la fig. 2 eran debidos exclusivamente a la influencia de sus capitales, buenos centros de comunicaciones.

Procedimiento sencillo para hacer fácilmente observables las regularidades existentes en la distribución de las concentraciones industriales consiste en el uso de perfiles longitudinales de industrialización, es decir, de gráficos en que situando sobre el eje de abscisas las provincias recorridas en itinerarios convenientemente elegidos se toman como ordenadas sus valores correspondientes de industrialización.

En las figuras 4 a 8 se han dibujado sobre un mismo gráfico para su fácil comparación los perfiles de industrialización absoluta y de densidades industriales —con y sin capitales— de cinco itinerarios: Contorno litoral, Bilbao-Valladolid-Salamanca-Cádiz, Barcelona-Madrid-Sevilla, Alicante-Madrid-La Coruña y Barcelona-Zaragoza-Valladolid-Vigo.

En general, el examen de estos perfiles confirma los resultados anteriormente obtenidos, pero el de la figura 4 nos conduce además a un resultado sorprendente, pues si prescindimos de la pequeña anomalía correspondiente a la provincia de Oviedo, anomalía que será interpretada más adelante, la industrialización de las provincias litorales sigue una línea sensiblemente sinusoidal y de longitud de onda prácticamente constante; además, los valores correspondientes en los diversos casos al menor de

los máximos relativos son siempre superiores a los mayores de las provincias situadas en el fondo de la depresión. Asimismo se adivina que por razones geométricas, y siempre que no lo impidan consideraciones de otro orden, deberá existir una zona industrial en Portugal equidistante de las fronteras andaluza y gallega, en una palabra, en una situación inmediata a la que ocupa Lisboa.

7. Los focos de industrialización y sus zonas de influencia.

Para el estudio de la distribución provincial de la industria española, y con objeto de precisar la influencia que las concentraciones industriales ejercen sobre los valores de industrialización de cada provincia, hemos hallado y separado los que corresponden al mayor centro industrial de cada una, al que llamamos su capital industrial. Pero deducida la existencia de una cierta regularidad en aquella distribución, alternando provincias muy industrializadas con otras de industria escasa, el interés de las capitales industriales se halla muy disminuído, por ser probable la presencia en las primeras de centros de industrialización de importancia muy superior a la de las capitales industriales de las últimas.

La fig. 9, que indica la situación de las concentraciones de más de 5.000 productores industriales, nos hace ver la existencia de las siguientes:

	Prod. indust.
a) En el Nordeste	
Barcelona (1)	250.093
Sabadell	19.144
Tarrasa	16.757
Badalona	14.040
Manresa	11.978
Mataró	9.024
Reus	6.552
b) En Levante.	
Valencia	79.102
Cartagena	17.114
Elche	16.707
Alcoy	13.711
Alicante	13.029
Murcia	10.734
Almería	9.504
Elda	6.277
c) En el Suroeste.	
Sevilla	44.162
Málaga	26.172
Granada	19.399
Córdoba	15.962
Cádiz	11.207
Jerez	9.012
Huelva	7.881
La Línea	7.176
Linares	6.837
San Fernando	5.572
Utrera	5.211
Jaén	5.083
Puertollano	5.000
Peñarroya	5.000
Badajoz	5.000

(1) Con Hospitalet de Llobregat.

	Prod. indust.
d) En el Noroeste.	
La Coruña	15.764
Vigo	10.967
El Ferrol	8.098
e) En el Norte.	
Bilbao	33.659
San Sebastián	16.938
Santander	13.905
Oviedo	13.078
Gijón	12.195
Langreo	11.866
Mieres	10.317
Baracaldo	10.192
Pamplona	9.197
Vitoria	7.447
f) En el Centro.	
Madrid (1)	150.803
g) En el Ebro.	
Zaragoza	38.838
h) En el Duero.	
Valladolid	12.117
Salamanca	6.205
i) Sin pertenecer a un área determinada.	
Palma de Mallorca	18.865
Las Palmas	10.766
Santa Cruz	8.072
Burgos	7.022
Logroño	6.202
León	5.501

Si hallamos ahora el centro ponderado de tales núcleos, estamos autorizados para admitir que dichos centros lo son asimismo de las industrias de cada área situadas en las poblaciones de menor importancia, y considerar al más destacado y mejor comunicado de los núcleos inmediatos a aquellos centros ponderados como el foco de industrialización de la zona, en el que podremos suponer idealmente concentrados todos los productores industriales de las zonas sobre las cuales ejercen su influencia. Tales focos y áreas serán:

a) Nordeste.—Con foco en Barcelona, extiende su influencia por las cuatro provincias catalanas; en Baleares interfiere con la influencia de la zona siguiente.

b) Levante.—Con foco en Alicante, pues Valencia, a pesar de su mayor importancia, ocupa una posición excéntrica. Zona de influencia: Provincias valencianas y murcianas, Almería y parte de Baleares, Cuenca y Teruel.

c) Suroeste.—Con foco en Sevilla, abarca toda Andalucía, excepto Almería, la provincia de Badajoz y parte de las de Cáceres y Ciudad Real.

d) Noroeste.—Comprende toda Galicia y la región del Bierzo en la provincia de León, admitiremos como foco La Coruña.

e) Norte.—Con foco en Bilbao, pues ya dijimos que los núcleos asturianos eran debidos a causas muy específicas. Comprende las provincias vascas, Santander, Asturias, la mayor parte de Navarra y Logroño, y parte de León, Palencia y Burgos.

Los máximos de Madrid, Zaragoza y Valladolid ya sabemos

(1) Con sus suburbios.

que no constituyen, en realidad, verdaderos focos, sino núcleos aislados, sin embargo, y por analogía, los atribuímos las zonas de influencia señaladas en el mapa; análogamente consideraremos a Canarias como una zona especial.

Por considerarlo de interés se han calculado los valores de industrialización de las regiones así deducidas. Los cuadros números 4 y 5 y los mapas de las figs. 9 y 10 expresan los resultados obtenidos. La fig. 9 nos permite deducir una importante consecuencia: la industrialización, sobre todo la no concentrada, ofrece dos líneas de decrecimiento, una NE. - SO., (1) y otra del litoral hacia el interior.

(1) No debe olvidarse que el mayor valor absoluto del número de productores de la zona Suroeste, se debe, en gran parte, a la extensión mucho mayor de su zona de influencia.

CUADRO N.º 1

PROVINCIA	Extensión en Km.²	Productores industriales de la prov.ª	Densidad industrial	Centro de industrialización	Prod. indst. del centro	Prod. indust. sin el centro	Densidad industrial sin el centro
Álava	3.043	10.473	3,4	Victoria	7.447	3.023	1,0 —
Albacete	14.862	15.462	1,0 —	Albacete	3.618	11.844	0,8
Alicante	5.863	81.576	13,9	Elche	16.707	64.869	11,1
Almería	8.774	20.573	2,3	Almería	9.504	11.069	1,3
Avila	8.048	5.608	0,7	Avila	1.694	3.914	0,5 —
Badajoz	21.653	32.445	1,5 —	Badajoz	4.891	27.554	1,3
Baleares	5.014	47.045	9,4	Palma de Mallorca	18.865	28.180	5,6
Barcelona	7.705	444.649	57,7	Barcelona (1)	250.093	194.556	25.2
Burgos	14.330	26.579	1,9	Burgos	7.022	19.557	1,4
Cáceres	19.940	20.847	1,0 —	Cáceres	3.665	17.182	0,9
Cádiz	7.323	55.408	7,6	Cádiz	11.207	44.201	6,0 —
Castellón	6.679	13.469	2,0 —	Castellón de la Plana	3.274	10.195	1,5 —
Ciudad Real	19.741	28.240	1,4	Puertollano	4.984	23.256	1,2
Córdoba	13.718	55.874	4,1	Córdoba	15.929	39.945	2,9
Coruña	7.903	50.498	6,4	La Coruña	15.764	34.734	4,4
Cuenca	17.062	9.841	0.6	Cuenca	2.022	7.819	0,5 —
Gerona	5.886	41.381	7,0	Gerona	3.260	38.121	6,5
Granada	12.531	35.149	2,8	Granada	19.399	15.750	1,2
Guadalajara	12.197	4.619	0,4	Guadalajara	1.541	3.078	0,3
Guipúzcoa	1.885	56.757	30,1	San Sebastián	16.398	40.359	21,4
Huelva	10.085	32.158	3,2	Huelva	7.881	24.277	2,4
Huesca	15.680	17.950	1,1	Huesca	1.600	16.350	1,0 —
Jaén	13.492	47.264	3,5	Linares	6.837	40.427	3,0
León	15.377	27.313	1,8	León	5.501	21.812	1,4
Lérida	12.060	18.286	1,5	Lérida	4.292	13.994	1,2
Logroño	5.293	16.634	3,1	Logroño	6.202	10.432	2,0
Lugo	9.881	10.760	1,1	Lugo	3.191	7.569	0,8
Madrid	8.002	167.095	20,9	Madrid (2)	150.803	16.292	2,0
Málaga	7.285	41.434	5,7	Málaga	26.171	15.263	2,1
Murcia	11.317	47.667	4,2	Cartagena	17.114	30.553	2.7
Navarra	10.421	25.671	2,5	Pamplona	9.197	16.474	1,6
Orense	6.979	10.972	1,6	Orense	1.900	9.072	1,3
Oviedo	10.895	103.008	9,5	Gijón (*a*)	12.195	90.813	8,3
Palencia	8.019	17.310	2.2	Palencia	4.759	12.551	1.6
Las Palmas	4.065	17.698	4,4	Las Palmas	10.766	6.932	1,7
Pontevedra	4.391	38.628	8.8	Vigo (3)	10.963	27.665	6,3
Salamanca	12.313	15.988	1,3	Salamanca	6.205	9.783	0,8
Santa Cruz	3.208	17.140	5,3	Santa Cruz	8.072	9.068	2,8
Santander	5.293	38.614	7,3	Santander	13.905	24.709	4,7
Segovia	6.949	9.088	1,3	Segovia	2.729	6.359	0,9
Sevilla	14.010	91.362	6.5	Sevilla	44.162	47.200	3,4
Soria	10.301	3.426	0.3	Soria	746	2.680	0,3
Tarragona	6.283	28.598	4,6	Reus	6.552	22.046	3,5
Teruel	14.797	6.784	0,5	Teruel	1.305	5.479	0,4
Toledo	15.345	11.957	0.8	Toledo	1.911	10.046	0,7
Valencia	10.762	120.822	11,2	Valencia	79.102	41.720	3,9
Valladolid	8.345	20.538	2,5	Valladolid	12.117	8.421	1,0
Vizcaya	2.195	86.317	39.3	Bilbao	33.659	52.658	24,0
Zamora	10.591	8.863	0,8	Zamora	2.849	6.014	0,6
Zaragoza	17.132	55.893	3,3	Zaragoza	38.838	17.055	1,0

(1) Con Hospitalet de Llobregat.
(2) Con Canillas, los Carabancheles, Chamartín de la Rosa, Vallecas y Vicálvaro.
(3) Con Lavadores.
(*a*) Se toma Gijón, a pesar de ser algo superior la cifra de Oviedo, porque parte considerable de ella corresponde a núcleos distintos en el mismo término.

CUADRO N.º 2

Product. indust. N.º de orden	Product. indust. Valor en millares	Provincia	Product. indust. sin cap. Valor en millares	Product. indust. sin cap. N.º de orden
1.	445	Barcelona	195	1
2.	167	Madrid	16	27
3.	121	Valencia	42	7
4.	103	Oviedo	91	2
5.	91	Sevilla	47	5
6.	86	Vizcaya	53	4
7.	82	Alicante	65	3
8.	57	Guipúzcoa	40	8
9.	56	Zaragoza	17	24
10.	56	Córdoba	40	10
11.	55	Cádiz	44	6
12.	50	Coruña	35	12
13.	48	Murcia	31	13
14.	47	Jaén	40	9
15.	47	Baleares	28	14
16.	41	Málaga	15	29
17.	41	Gerona	38	11
18.	39	Pontevedra	28	15
19.	39	Santander	25	17
20.	35	Granada	16	28
21.	32	Badajoz	28	16
22.	32	Huelva	24	18
23.	29	Tarragona	22	20
24.	28	Ciudad Real	23	19
25.	27	León	22	21
26.	27	Burgos	20	22
27.	26	Navarra	16	25
28.	21	Cáceres	17	23
29.	21	Almería	11.	33
30.	21	Valladolid	8	40
31.	18	Lérida	14	30
32.	18	Huesca	16	26
33.	18	Las Palmas	7	43
34.	17	Palencia	13	31
35.	17	Santa Cruz	9	39
36.	17	Logroño	10	34
37.	16	Salamanca	10	37
38.	15	Albacete	12	32
39.	13	Castellón	10	35
40.	12	Toledo	10	36
41.	11	Orense	9	38
42.	11	Lugo	8	42
43.	10	Álava	3	49
44.	10	Cuenca	8	41
45.	9	Segovia	6	44
46.	9	Zamora	6	45
47.	7	Teruel	5	46
48.	6	Ávila	4	47
49.	5	Guadalajara	3	48
50.	3	Soria	3	50

CUADRO N.º 3

Densidades industriales N.º de orden	Densidades industriales Valor numérico	Provincia	Densidades ind. sin capitales Valor numérico	Densidades ind. sin capitales N.º de orden
1.	57,7	Barcelona	25,2	1
2.	39,3	Vizcaya	24,0	2
3.	30,1	Guipúzcoa	21,4	3
4.	20,9	Madrid	2,0	21
5.	13,9	Alicante	11,1	4
6.	11,2	Valencia	3,9	12
7.	9,5	Oviedo	8,3	5
8.	9,4	Baleares	5,6	9
9.	8,8	Pontevedra	6,3	7
10.	7,6	Cádiz	6,0	8
11.	7,3	Santander	4,7	10
12.	7,0	Gerona	6,5	6
13.	6,5	Sevilla	3,4	14
14.	6,4	La Coruña	4,4	11
15.	5,7	Málaga	2,1	20
16.	5,3	Santa Cruz	2,8	17
17.	4,6	Tarragona	3,5	13
18.	4,4	Las Palmas	1,7	23
19.	4,2	Murcia	2,7	18
20.	4,1	Córdoba	2,9	16
21.	3,5	Jaén	3,0	15
22.	3,4	Álava	1,0	37
23.	3,3	Zaragoza	1,0	38
24.	3,2	Huelva	2,4	19
25.	3,1	Logroño	2,0	22
26.	2,8	Granada	1,2	33
27.	2,5	Navarra	1,6	25
28.	2,5	Valladolid	1,0	35
29.	2,3	Almería	1,3	31
30.	2,2	Palencia	1,6	24
31.	2,0	Castellón	1,5	26
32.	1,9	Burgos	1,4	28
33.	1,8	León	1,4	27
34.	1,6	Orense	1,3	29
35.	1,5	Lérida	1,2	32
36.	1,5	Badajoz	1,3	30
37.	1,4	Ciudad Real	1,2	34
38.	1,3	Salamanca	0,8	43
39.	1.3	Segovia	0,9	39
40.	1,1	Huesca	1,0	36
41.	1,1	Lugo	0,8	42
42.	1,0	Cáceres	0,9	40
43.	1,0	Albacete	0,8	41
44.	0,8	Toledo	0,7	44
45.	0.8	Zamora	0,6	45
46.	0,7	Ávila	0,5	47
47.	0,6	Cuenca	0,5	46
48.	0,5	Teruel	0,4	48
49.	0,4	Guadalajara	0,3	49
50.	0,3	Soria	0,3	50

CUADRO N.º 4

	Extensión en Km.²	Product. secund.	Densidad indust.	Centros de industrialización	Product. secund.	Product. secund. sin los centros	Densidad indust. sin los centros
Coruña	7.903	50.498	6,4	Coruña	15.764		
Lugo	9.881	10.760	1,1	Vigo (1)	10.967		
Orense	6.979	10.972	1,6	El Ferrol	8.098		
Pontevedra	4.391	38.628	8,8				
1/3 León	5.125	9.104	1,8				
Noroeste	34.279	119.962	3,5		34.829	85.133	2,5

(1) Con Lavadores.

	Extensión en Km.²	Product. secund.	Densidad indust.	Centros de industrialización	Product. secund.	Product. secund. sin los centros	Densidad indust. sin los centros
Oviedo	10.895	103.008	9,5	Bilbao	33.659		
Álava	3.043	10.470	3,4	San Sebastián	16.398		
Guipúzcoa	1.885	56.757	30,1	Santander	13.905		
Santander	5.293	38.614	7,3	Oviedo	13.078		
Vizcaya	2.195	86.317	39,3	Gijón	12.195		
2/3 Navarra	6.947	17.114	2,5	Langreo	11.866		
2/3 Logroño	3.529	11.090	3,1	Mieres	10.317		
1/2 Burgos	7.165	13.290	1,9	Baracaldo	10.192		
1/3 Palencia	2.673	5.770	2,2	Pamplona...	9.197		
1/3 León	5.126	9.105	1,8	Vitoria...	7.447		
				2/3 Logroño...	4.135		
				1/2 Burgos	3.511		
				1/2 León	2.750		
Norte...	48.751	351.535	7,2		148.650	202.885	4,1

	Extensión en Km.²	Product. secund.	Densidad indust.	Centros de industrialización	Product. secund.	Product. secund. sin los centros	Densidad indust. sin los centros
Salamanca	12.313	15.988	1,3	Valladolid	12.117		
Segovia	6.949	9.088	1,3	Salamanca	6.205		
Valladolid	8.345	20.538	2,5	1/2 Burgos	3.511		
Zamora	10.591	8.863	0,8	1/2 León	2.751		
1/3 León	5.126	9.104	1,8				
2/3 Palencia	5.346	11.540	2,2				
1/2 Burgos	7.165	13.289	1,9				
1/2 Ávila	4.024	2.804	0,7				
1/3 Soria	3.433	1.142	0,3				
Duero	63.292	92.536	1,5		24.644	67.712	1,1

	Extensión en Km.²	Product. secund.	Densidad indust.	Centros de industrialización	Product. secund.	Product. secund. sin los centros	Densidad indust. sin los centros
Huesca	15.680	17.950	1,1	Zaragoza...	38.838		
Zaragoza	17.132	55.893	3,3	1/3 Logroño	2.067		
1/3 Soria	3.434	1.142	0,3				
2/3 Teruel	9.865	4.523	0.5				
1/3 Logroño	1.764	5.544	3,1				
1/3 Navarra	3.474	8.557	2,5				
Ebro...	51.349	93.609	1,8		40.905	52.704	1,0

	Extensión en Km.²	Product. secund.	Densidad indust.	Centros de industrialización	Product. secund.	Product. secund. sin los centros	Densidad indust. sin los centros
Barcelona	7.705	444.649	57,7	Barcelona (1)	250.093		
Gerona	5.886	41.381	7,0	Sabadell...	19.144		
Lérida	12.060	18.286	1,5	Tarrasa	16.757		
Tarragona	6.283	28.598	4,6	Badalona	14.040		
1/2 Baleares	2.507	23.522	9,4	Manresa	11.978		
				Mataró	9.024		
				Reus	6.552		
				1/2 Palma de Mallorca.	9.432		
Nordeste...	34.441	556.436	16.2		337.020	219.416	6,4

(1) Con Hospitalet de Llobregat.

	Extensión en Km.²	Product. secund.	Densidad indust.	Centros de industrialización	Product. secund.	Product. secund. sin los centros	Densidad indust. sin los centros
Albacete	14.862	15.462	1,0	Valencia...	79.102		
Alicante...	5.863	81.576	13,9	Cartagena	17.114		
Almería	8.774	20.573	2,3	Elche...	16.707		
Castellón	6.679	13.469	2,0	Aicoy	13.711		
Murcia	11.317	47.667	4,2	Alicante...	13.029		
Valencia	10.762	120.822	11,2	Murcia	10.734		
1/3 Cuenca...	5.687	3.280	0,6	Almería	9.504		
1/3 Teruel	4.932	2.261	0,5	Elda...	6.277		
1/2 Baleares	2.507	23.523	9,4	1/2 Palma de Mallorca.	9.433		
Levante	71.383	328.633	4,6		175.611	153.022	2,2
Guadalajara...	12.197	4.619	0,4	Madrid (1)	150.803		
Madrid	8.002	167.095	20,9				
Toledo	15.345	11.957	0,8				
1/3 Soria	3.434	1.142	0,3				
1/2 Ávila	4.024	2.804	0,7				
1/2 Cáceres	9.970	10.423	1,0				
1/2 Ciudad Real	9.870	14.120	1,4				
2/3 Cuenca...	11.375	6.561	0,6				
Centro	74.217	218.721	2,9		150.803	67.918	0,9
Badajoz	21.653	32.445	1,5	Sevilla	44.162		
Cádiz	7.323	55.408	7,6	Málaga	26.172		
Córdoba...	13.718	55.874	4,1	Granada	19.399		
Granada...	12.531	35.149	2,8	Córdoba	15.962		
Huelva	10.085	32.158	3,2	Cádiz	11.207		
Jaén	13.492	47.264	3,5	Jerez de la Frontera ...	9.012		
Málaga	7.285	41.434	5,7	Huelva	7.881		
Sevilla	14.010	91.362	6,5	La Línea	7.176		
1/2 Cáceres...	9.970	10.424	1,0	Linares	6.837		
1/2 Ciudad Real	9.871	14.120	1,4	San Fernando	5.572		
				Utrera	5.211		
				Jaén	5.083		
				Puertollano...	5.000		
				Peñarroya	5.000		
				Badajoz	5.000		
Suroeste...	119.938	115.638	3,5		178.674	236.964	2,0
Las Palmas	4.065	17.698	4,4	Las Palmas	10.766		
Santa Cruz...	3.208	17.140	5,3	Santa Cruz	8.072		
Canarias...	7.273	34.838	4,8		18.838	16.000	2,2

(1) Con Canillas, los Carabancheles, Chamartín de la Rosa, Vallecas y Vicálvaro.

CUADRO N.º 5

Regiones indust.	N.º de orden	Product. indust.	%	Densidad industrial	N.º de orden	N.º de orden	Product. indust. de los centros	%	Densidad ind. de los centros	N.º de orden	N.º de orden	Product. indust. sin los centro	%	Densidad ind. sin los centros	N.º de orden	N.º de orden	Extensión en Km.²	%
Galicia	6	119.962	5,4	3,5	5	7	34.829	3,1	1,0	7	5	85.133	7,7	2,5	3	8	34.279	6,8
Norte	3	351.535	15,9	7,2	2	5	148.650	13,4	3,1	2	3	202.885	18,4	4,1	2	6	48.751	9,7
Duero	8	92.356	4,2	1,5	9	8	24.644	2,2	0,4	9	7	67.712	6,1	1,1	7	4	63.292	12,5
Ebro...	7	93.609	4,2	1,8	8	6	40.905	3,7	0,8	8	8	52.704	4,8	1,0	8	5	51.349	10,2
Cataluña	1	556.436	25,2	16,2	1	1	337.020	30,4	9,8	1	2	219.416	19,9	6,4	1	7	34.441	6,8
Levante	4	328.633	14,9	4,6	4	3	175.611	15,8	2,4	4	4	153.022	13,9	2,2	5	3	71.383	14,1
Centro	5	218.721	9,9	2,9	7	4	150.803	13,6	2,0	5	6	67.918	6,2	0,9	9	2	74.217	14,7
Andalucía	2	415.638	18,7	3,5	6	2	178.674	16,1	1,5	6	1	236.964	21,5	2,0	5	1	119.938	23,8
Canarias... ...	9	34.838	1,6	4,8	3	9	18.838	1,7	2,6	3	9	16.000	1,5	2,2	4	9	7.273	1,4
		2.211.728	100,0	4,4			1.109.974	100,0	2,2			1.101.754	100,0	2,2			504.924	100,0

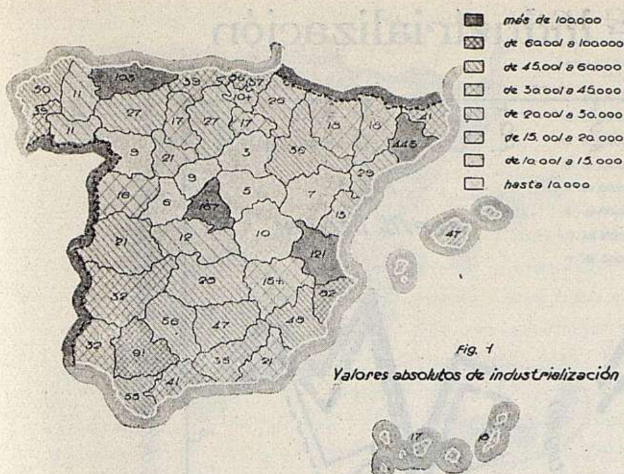


Fig. 1
Valores absolutos de industrialización

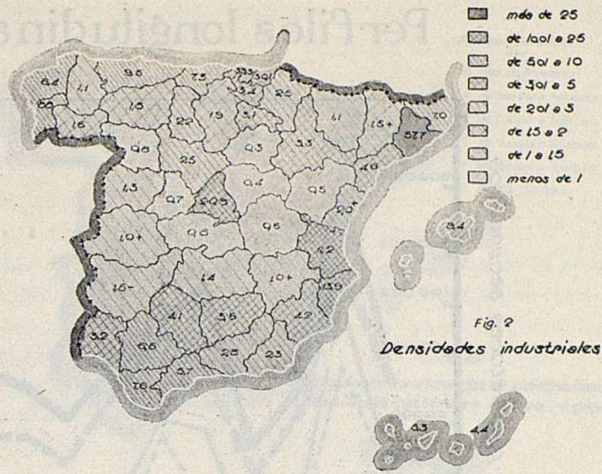


Fig. 2
Densidades industriales

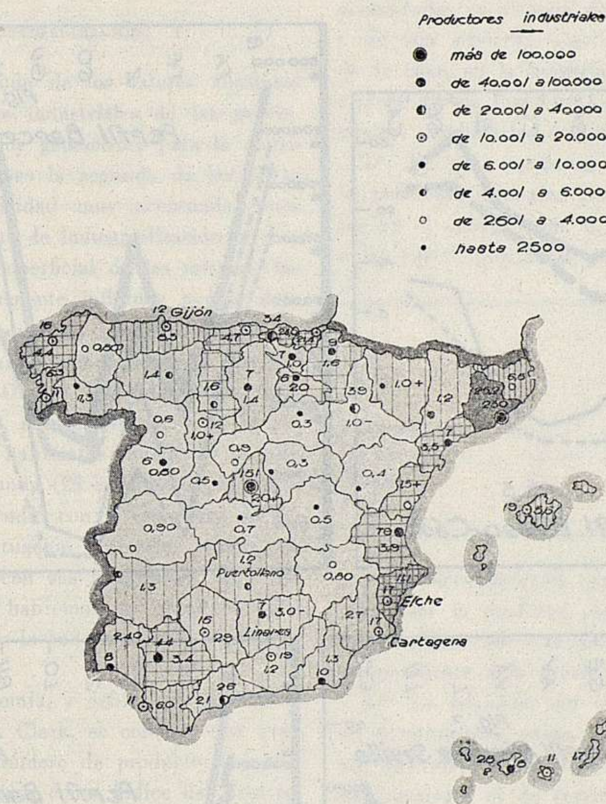
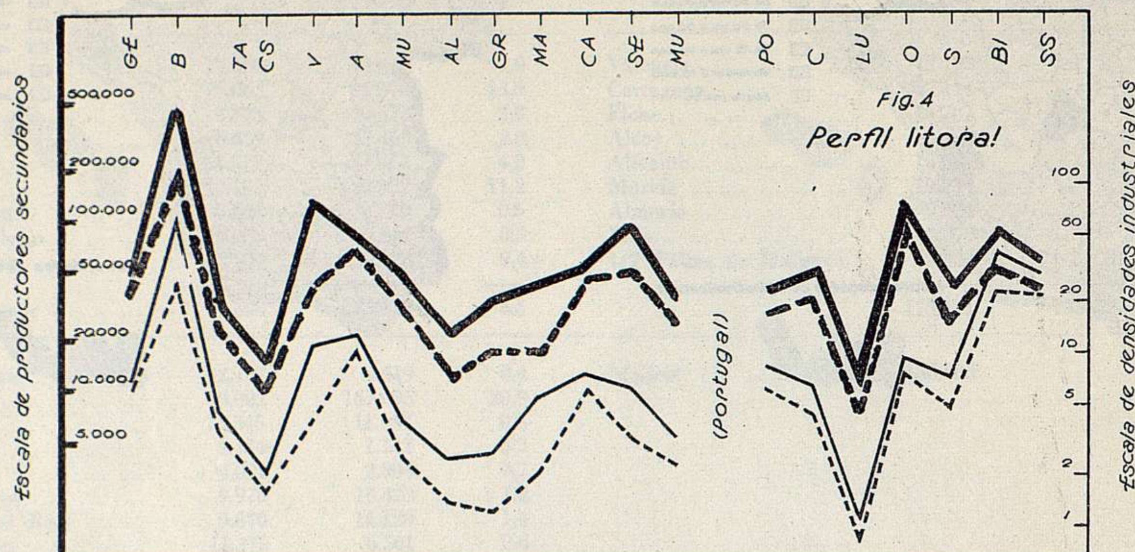
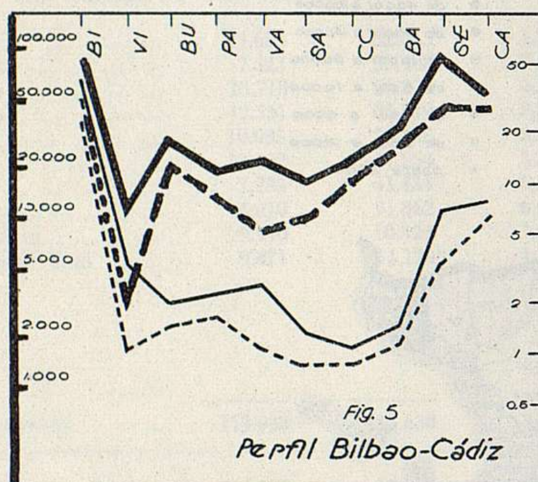


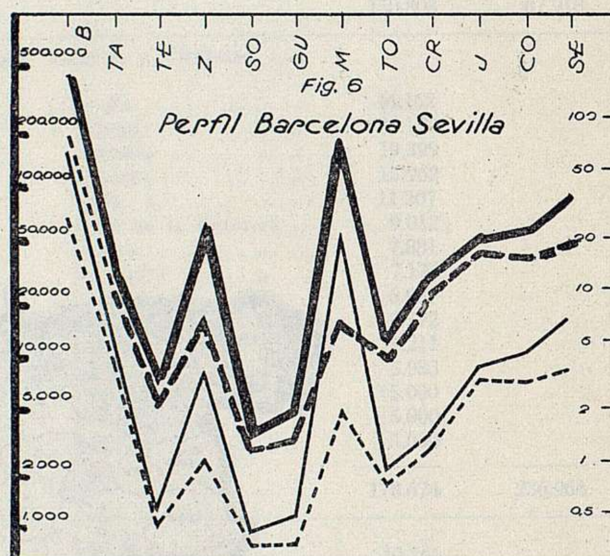


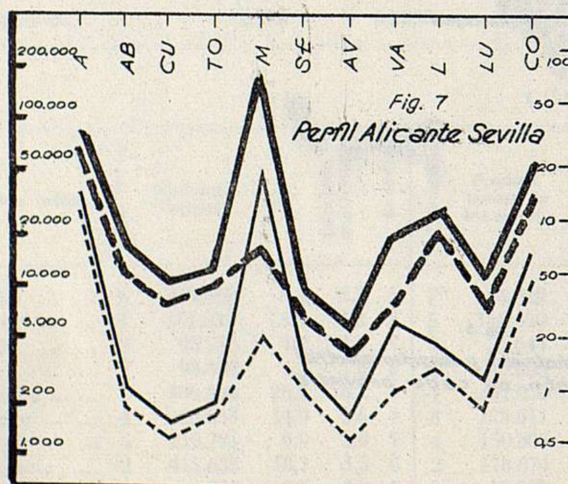
Fig. 3
Capitales industriales, y densidad industrial en el resto de cada provincia

Perfiles longitudinales de industrialización









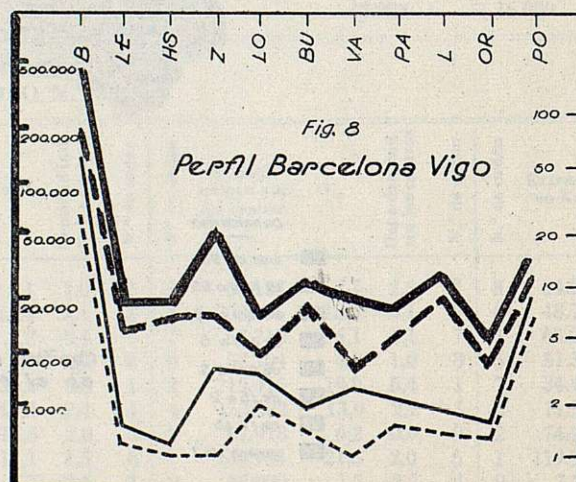




Fig. 9

Centros de industrialización y densidades industriales de las regiones sin los centros



Fig. 10

Focos, valores absolutos de industrialización y densidades industriales de las regiones

§ 2. EL FACTOR DEMOGRÁFICO

8. Elección de un índice de industrialización.

En el capítulo anterior, y partiendo de los valores absolutos de industrialización y las densidades industriales de las provincias, hemos llegado a deducir una ley geométrica para la distribución industrial. Sin embargo, incluso la segunda de las cifras consideradas adolece de una relatividad muy acentuada, pues del mismo modo que el valor absoluto de industrialización de una provincia depende de la extensión superficial de las mismas, las densidades industriales están grandemente influídas por la densidad o población relativa de las provincias a que se refieren, y es indudable que no se presta a grandes conclusiones la circunstancia de que dos provincias, p. ej., Orense y Lérida, tengan análoga densidad industrial —1,6 y 1,5, respectivamente— si la población relativa de la primera (66 habitantes por Km²) es más de dos veces superior a la de la segunda (25 habitantes por Km²). Para profundizar más en nuestro estudio con la esperanza de llegar a resultados que expresen la situación industrial relativa de cada provincia no sólo en relación con sus inmediatas, sino con todas las demás de la Península, habremos de partir de una cifra más adecuada para materializar la industrialización de cada una de ellas.

En los estudios modernos de economía, y debido en gran parte a la influencia de la obra de Colin Clark, se concede una gran importancia a la relación entre el número de productores industriales y el total de productores activos como índice del desarrollo industrial de un país. Un afán persistente de máxima objetivación orientó también en este sentido la labor del autor, pero pronto tropezó con dificultades que le obligaron a cambiar de orientación, debidas a las siguientes razones:

1.º Mientras que, por lo común, la mano de obra masculina resulta fácil de adscribir a una actividad determinada —agrícola, industrial o de servicios—, aun en el caso poco corriente de coincidencia de más de una de ellas, p. ej.: el herrero que además posee una huerta que se clasifica siempre como herrero; en la mano de obra femenina, el caso de coincidencia de actividades es, con mucho, el más frecuente, pues si en las familias acomodadas se dispone de una costurera —actividad industrial— y de una sirvienta —actividad de servicios— para los trabajos de la casa, en la mayoría de los hogares el ama de casa ha de ejercer ambas funciones, e incluso, en el caso de un hogar campesino, combinarlas con una cierta actividad agrícola.

2.º La poca confianza que merecen los datos oficiales sobre la población femenina dedicada a actividades agrícolas, expuestos en el cuadro núm. 6. Así, p. ej.: los datos correspondientes a las cuatro provincias gallegas son:

	Productores primarios masculinos	Productores primarios femeninos	% Mascul.	% Femen.
Pontevedra	115.894	62.996	65	35
La Coruña	156.768	77.548	67	33
Orense	122.320	16.346	87	13
Lugo	142.997	724	99,5	0,5

a todas luces inciertos, sobre todo en lo que se refiere a la última, dada la similitud de circunstancias que concurren en las cuatro. Cabe destacar asimismo el enorme valor de la cifra correspondiente a la provincia de Baleares.

3.º La adopción del criterio de Colin Clark puede conducir, en determinados casos, a resultados muy erróneos. Supongamos, por ejemplo, un distrito residencial en el que no existiera producción agrícola ni de servicios —ya que los encargados del servicio doméstico residirían en otros barrios—, bastaría la existencia de un solo productor industrial para clasificar al distrito como eminentemente industrial —el 100 %—, siendo la realidad muy distinta.

Como la elección de este criterio habría obligado a una labor previa de depuración de los datos oficiales, que por la falta de datos concretos en que apoyarse debería de haberse efectuado intuitivamente y sin más valor que el del acierto, mayor o menor pero siempre discutible, con que se hubiese llevado a cabo y con la consecuencia de restar importancia a los resultados halla-

dos, fué preciso renunciar a él y adoptar como índice de industrialización la relación, expresada en tantos por mil, entre el número de productores industriales de cada provincia y el total de sus habitantes, es decir, el número de productores industriales por mil habitantes. Con objeto de conseguir una más exacta adecuación a las realidades industriales de cada provincia, y teniendo en cuenta la anormalidad de la situación internacional de la fecha —31 de diciembre de 1940— del último censo que determinó la existencia en filas de un número elevado de hombres y una peculiar distribución de los mismos por el territorio nacional, se ha deducido de la cifra de población de cada provincia la que corresponde al epígrafe XIX del índice de profesiones: Fuerza pública. Los resultados obtenidos se expresan en el cuadro núm. 7.

9. El índice de industrialización y las leyes geométricas de distribución.

Se desprende inmediatamente del examen del cuadro núm. 7 y del mapa de la figura núm. 11, que constituye su representación gráfica, el muy distinto grado de desarrollo industrial alcanzado por las diversas zonas de industrialización y el acuerdo general existente entre los resultados actuales y las consideraciones del capítulo anterior. En efecto, ordenando numéricamente los datos se obtienen:

En orden descendente:

1	Barcelona	233,3	14	Zaragoza	95.6
2	Guipúzcoa	174,3	15	Huelva	88,4
3	Vizcaya	169,8	16	Tarragona	85,2
4	Alicante	135,6	17	Palencia	80,1
5	Gerona	132,7	18	Huesca	79,2
6	Oviedo	124,3	19	Logroño	76,8
7	Baleares	120,7	20	Córdoba	74,1
8	Madrid	109,4	21	Burgos	72,0
9	Santander	98,7	22	Navarra	70.8
10	Valencia	97,2	23	Murcia	67.4
11	Álava	97,2	24	Jaén	62,9
12	Sevilla	96,4	25	Valladolid	62,8
13	Cádiz	95,7			

En orden ascendente:

50	Lugo	21,2	37	Badajoz	44,1
49	Soria	21,6	36	Granada	48,1
48	Guadalajara	22,9	35	Segovia	48,9
47	Ávila	24,0	34	Tenerife	49.0
46	Orense	24,1	33	Ciudad Real	53,5
45	Toledo	25,1	32	León	55,6
44	Teruel	29,5	31	Las Palmas	56,4
43	Cuenca	29,6	30	Almería	57.7
42	Zamora	30,2	29	Coruña	58.6
41	Cáceres	41,1	28	Pontevedra	60,9
40	Albacete	41,6	27	Málaga	61,7
39	Salamanca	41,6	26	Lérida	62,4
38	Castellón	43,5			

El primer foco que aparece en orden descendente es el formado por Barcelona, seguido inmediatamente por el de las dos provincias marítimas vascas, a poca distancia le sigue Alicante, los demás focos aparecen ya más distanciados: Madrid en el lugar 8, Sevilla en el 12, Zaragoza en el 14, Valladolid en el lugar 25, Pontevedra y Coruña en los 28 y 29 respectivamente, pero todos ellos rodeados de satélites de menor industrialización que se agrupan a su alrededor. Así entre las primeras 32 provincias se observan los siguientes grupos:

Nordeste.—Formado por 1. Barcelona, 5. Gerona y 16. Tarragona; Lérida, en el número 26 le separa del grupo de Zaragoza; Castellón le separa del grupo de Levante.

Levante.—Formado por 4. Alicante, 10. Valencia y 23. Murcia; Castellón le separa del grupo Nordeste; Almería, con el número 30 del Suroeste.

Suroeste.—Formado por 12. Sevilla, 13. Cádiz, 15. Huelva, 20. Córdoba y 24. Jaén, separado de Levante por Granada.

Galicia.—Formado por 28. Pontevedra y 29. La Coruña, separada del grupo Norte por Lugo.

Norte.—Formado por 2. Guipúzcoa, 3. Vizcaya, 6. Oviedo, 9. Santander, 11. Álava, 19. Logroño, separado de Aragón por Navarra con el número 22; Burgos y Palencia con los números 21 y 17 le separan de Valladolid, número 25 (1).

Aragón.—Formado por 14. Zaragoza y 18. Huesca, separado del Nordeste por Lérida (26), del Norte por Navarra (22).

Duero.—Formado por 25. Valladolid, 31. León, Burgos y Palencia le separan del Norte, Segovia de Madrid, Soria de Zaragoza.

Centro.—Formado exclusivamente por 8. Madrid, ninguna de las provincias que lo rodean se halla comprendida entre las 32 primeras.

Sin embargo, como ello no nos aporta ninguna luz sobre las variaciones de los valores absolutos de los distintos focos y de las provincias que alrededor de ellos se agrupan, podría suponerse que habíamos llegado a un punto muerto si ciertas consideraciones de carácter económico no nos indujeran a ensayar un nuevo camino.

10. El índice de la industrialización y la densidad.

Examinemos lo que ocurre en una provincia que vive exclusivamente de su producción primaria —agricultura, selvicultura, ganadería y pesca— cuando se inicia en ella un proceso de industrialización. Las doctrinas económicas dominantes afirman que la absorción de potencial de trabajo por parte de las actividades industriales determina en las zonas rurales la adopción de métodos de trabajo más eficaces para obtener una mayor producción por hombre ocupado. Esta teoría, cierta seguramente para un país como los EE. UU. de población escasa en comparación con sus recursos naturales y con grandes restricciones a la inmigración (con la finalidad no disimulada de que se mantenga aquella escasez), resulta inaplicable a aquellos países como España en que el exceso de mano de obra en relación con la demanda ha determinado el fenómeno endémico de la emigración. Con mayor razón lo es si nos limitamos al ámbito territorial de una provincia. Lo que ocurre entonces es la aparición de mano de obra procedente de otras provincias para absorber la demanda que existe, con lo que la población de la provincia, y con ella su densidad, aumenta.

Si el aumento de población conseguido se limitara al de los

(1) La elevada situación de Burgos y Palencia obedece seguramente a la influencia del ferrocarril Bilbao-La Robla, que acerca mucho a Bilbao las partes septentrionales de ambas provincias.

obreros procedentes de otras provincias que pasan a ocuparse en actividades industriales, su número habría de ser muy grande y la industrialización conseguida considerable para que tuviera un reflejo eficaz en la demografía. Pero existe otro factor que acelera el incremento de la población: la aparición del espíritu industrial, que intentaremos exponer del siguiente modo:

La industria no es, en el fondo, más que una actividad económica que aplica el ingenio humano a la utilización óptima de los bienes que nos ofrece la Naturaleza. Pero esta utilización óptima puede buscarse también en las actividades primarias; por tanto, es razonable suponer que todo incremento industrial va acompañado de un perfeccionamiento en la agricultura. Y como a pesar de la ley de los rendimientos decrecientes, la mayoría del terreno español es susceptible de absorber mayor cantidad de mano de obra —siempre que vaya acompañada de la técnica y del capital—, aumentará también la población dedicada a actividades primarias, por lo menos hasta el límite que permita la productividad marginal.

Las estadísticas confirman, en líneas generales, ambas consideraciones. En efecto, en cuanto a la primera, las cinco provincias con mayores porcentajes de habitantes naturales de otras provincias son: 1, Madrid, con 39,59; 2, Barcelona, con 34,99; 3, Vizcaya, con 24,99; 4, Álava, con 22,42, y 5, Guipúzcoa, con 22,21, que ocupan respectivamente los lugares 8, 1, 3, 11 y 2 en la escala de industrialización; las cinco con porcentajes menores son: 1, Badajoz, con 3,66; 2, Lugo, con 3,82; 3, Cuenca, con 3,95; 4, Toledo, con 3,96, y 5, Orense, con 4,03, que ocupan los lugares 37, 50, 43, 45 y 46.

En cuanto a la segunda, comparemos el número de productores primarios por kilómetro cuadrado de los principales focos de industrialización con el de provincias inmediatas menos industrializadas de análogas condiciones agrícolas. Tenemos:

		Product. primarios	Extensión en Km²	Product. primar. por Km²	Índice de industrialización
a)	Barcelona	112.680	7.705	14,6	233,3
	Gerona	57.258	5.886	9.8	132,7
	Tarragona	73.634	6.283	11,7	85,2
	Lérida	76.616	12.060	6,4	62,4
b)	Vizcaya	45.208	2.195	20,6	169.8
	Guipúzcoa	29.655	1.885	15,7	174,3
	Navarra	75.555	10.421	7,3	70,8
	Santander	63.650	5.293	12.0	98,7
c)	Madrid	67.906	8.002	8,5	109,4
	Guadalajara	54.724	12.197	4,5	22,9
	Toledo	117.855	15.345	7,7	25,1
d)	Alicante	99.313	5.863	16,9	135,6
	Murcia	147.315	11.317	13,0	67,4

coincidiendo la mayor densidad primaria con una mayor industrialización.

11. La ley demográfica de la industrialización.

Las consideraciones efectuadas carecerían, sin embargo, de valor práctico, si la realidad no se encargara de confirmar su certeza. Para ello en el cuadro núm. 8 hemos expresado la población relativa de cada provincia y el índice de industrialización que le corresponde. Con objeto de reducir al mínimo las causas de error se ha calculado la densidad deduciendo antes de la población absoluta de cada provincia los valores correspondientes a la fuerza pública, además hemos prescindido de considerar las dos provincias canarias habida cuenta de las circunstancias especialísimas que concurren en su industrialización, tan afectada por su condición de puertos francos.

En la figura 12 se han representado conjuntamente, para cada provincia, los valores correspondientes a su densidad e índice de industrialización; su examen nos enseña que aunque tales valores no sean estrictamente proporcionales, se observa en general que los índices mayores corresponden a provincias de mayor densidad, y a medida que vamos descendiendo en la escala de densidades los índices son cada vez más escasos y de menor valor absoluto, mientras que los índices pequeños se dan con mayor frecuencia.

Esta primera impresión de la existencia de una cierta relación entre ambos valores se refuerza si reunimos las provincias en grupos de a ocho siguiendo el orden descendente de sus densidades y comparamos sus sumas y las de los índices de industrialización de cada grupo. Se obtiene así:

	Densidades	Índices		Densidades	Índices
1.er grupo...	1.314,0	1.039,1	4.º grupo...	286,2	672,2
2.º grupo...	594,3	689,0	5.º grupo...	225,3	375,4
3.er grupo...	414,3	544,5	6.º grupo...	156,2	327,9

donde se observa que con una sola excepción y aún ésta de cuantía no muy grande, a menor suma de densidades corresponde menor suma de índices de industrialización.

Sin embargo, como esta primera impresión, aunque muy valiosa, sigue teniendo un carácter muy impreciso, hemos considerado conveniente proceder a su concreción matemática mediante el cálculo del índice de correlación entre ambas series. Este cálculo viene indicado en el cuadro núm. 9.

Las cifras de la primera columna representan las densidades de cada provincia; dividiendo su suma total 2.990,3 por el número de provincias consideradas —48, pues ya dijimos que prescindíamos de las Islas Canarias por sus circunstancias específicas— resulta una densidad media: $\frac{2.990,3}{48} = 62,3$. En la columna segunda se han calculado las desviaciones con respecto a esta media de las densidades de cada provincia, a las que designamos por x; la columna tercera representa x^2. En la cuarta se expresan los índices de industrialización, dividiendo su suma total, 3.548,1, por 48 se obtiene el índice medio —que no debe confundirse con el índice medio de industrialización del conjunto de las provincias peninsulares— $\frac{3.548,1}{48} = 73,9$; la columna quinta representa las desviaciones —que designamos por y— de los índices de las diversas provincias respecto a ese índice medio; las sexta y séptima representan respectivamente y^2 y xy. Se obtiene así:

$$\Sigma x^2 = 137.693 \quad , \quad \Sigma y^2 = 91.072 \quad , \quad \Sigma xy = 84.479 \quad ,$$

de donde

$$\therefore r = \frac{\Sigma xy}{\sqrt{\Sigma x^2} \times \sqrt{\Sigma y^2}} = \frac{84.479}{111.987} - 0{,}7544 \quad ,$$

con un error probable de

$$\frac{0{,}6745\,(1 - 0{,}7544^2)}{\sqrt{48}} = 0{,}0420 \quad ,$$

es decir,

$$\therefore r = 0{,}7544 \pm 0{,}0420 \quad ,$$

de valor muy elevado si se tiene en cuenta que el valor $\therefore r = 1$ demostraría la correspondencia perfecta y única entre los índices de industrialización y las densidades, y que no deja lugar a dudas respecto a la influencia que ejerce esta última. Ello nos permite expresar la ley demográfica de la industrialización en los siguientes términos:

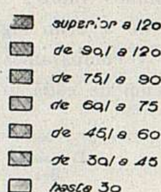




Fig. 11

Indices de industrialización

A igualdad de todas las demás circunstancias el grado de industrialización de una provincia depende de su densidad.

La utilidad de esta ley adquiere una extraordinaria importancia, tanto por su valor intrínseco como por la consideración de que la eliminación de la relación descubierta permitirá profundizar más en el estudio de los demás factores distributivos de la industrialización española. En otros términos: los estudios efectuados en este capítulo nos demuestran la existencia de una dependencia, aunque imperfecta, entre los índices de industrialización y la densidad; como la imperfección de tal dependencia debe ser atribuída a la existencia de otros factores distributivos, si calculamos ahora los valores teóricos para la hipótesis de una correspondencia perfecta, las desviaciones entre los valores así calculados y los reales nos permitirán descubrir estos otros factores, máxime si tenemos en cuenta que uno de ellos, el factor geométrico, nos es ya conocido y hasta cierto punto lo podremos eliminar también.

CUADRO N.º 6

PROVINCIAS	Product. primar. mascul.	Product. primar. femen.	En tantos por ciento Masculino	Femen.
Álava	17.883	1.101	94,2	5,8
Albacete	85.107	9	100,0	0,01
Alicante	98.184	1.129	98,9	1,1
Almería	67.566	593	99,2	0,8
Ávila	59.473	97	99,9	0,1
Badajoz	177.699	1.720	99,1	0,9
Baleares	63.184	42.241	59,9	40,1
Barcelona	112.174	506	99,5	0,5
Burgos	74.240	2.650	96,6	3,4
Cáceres	127.564	331	99,7	0,3
Cádiz	78.161	360	99,5	0,5
Castellón	83.353	32	100,0	0,0
Ciudad Real	108.649	892	99,2	0,8
Córdoba	148.772	2.335	98,5	1,5
La Coruña	156.768	77.548	66,9	33,1
Cuenca	84.694	0	100,0	0
Gerona	57.229	29	99,9	0,05
Granada	156.772	1.197	99,2	0,8
Guadalajara	54.626	98	99,8	0,2
Guipúzcoa	27.825	1.830	93,8	6,2
Huelva	62.434	474	99,3	0,7
Huesca	53.117	546	99,0	1,0
Jaén	160.427	1.080	99,3	0,7
León	108.162	1.812	98,3	1,7
Lérida	71.539	5.077	93,4	6.6
Logroño	44.415	81	99,8	0,2
Lugo	142.997	724	99,5	0,5
Madrid	67.329	577	99,1	0,9
Málaga	130.532	1.548	98,8	1,2
Murcia	143.396	3.919	97,4	2,6
Navarra	75.443	112	99,9	0,1
Orense	122.320	16.346	88,2	11,8
Oviedo	107.889	1.753	98,4	1,6
Palencia	39.726	102	99,7	0,3
Las Palmas	45.835	4.252	91,5	8,5
Pontevedra	115.894	62.996	64,8	35,2
Salamanca	86.101	0	100,0	0
Santa Cruz	59.457	5.134	92,0	8,0
Santander	52.138	11.612	81,9	18,1
Segovia	41.213	61	99,9	0,1
Sevilla	153.180	2.230	98,5	1,5
Soria	43.026	5	100,0	0,01
Tarragona	73.403	231	99,7	0,3
Teruel	63.995	0	100,0	0
Toledo	117.842	13	100,0	0,01
Valencia	214.851	824	99,6	0,4
Valladolid	58.487	18	100,0	0,03
Vizcaya	40.197	5.011	88,2	11,8
Zamora	73.419	428	99,4	0,6
Zaragoza	110.125	527	99,5	0,5

CUADRO 7

PROVINCIAS	Habitantes reales	Fuerza pública	Habitantes computados	Product. segund.	Índices de industrialización
Álava	112.876	5.115	107.761	10.470	97,2
Albacete	374.472	2.413	372.059	15.462	41,6
Alicante	607.562	6.043	601.519	81.576	135,6
Almería	359.730	3.334	356.396	20.573	57,7
Ávila	234.672	1.024	233.647	5.608	24.0
Badajoz	742.547	6.380	736.167	32.445	44,1
Baleares	407.497	17.712	389.785	47.045	120,7
Barcelona	1.931.875	26.365	1.905.510	444.649	233,3
Burgos	378.580	9.550	369.030	26.579	72.0
Cáceres	511.377	4.126	507.251	20.847	41,1
Cádiz	600.440	21.178	579.262	55.408	95,7
Castellón	312.475	2.857	309.618	13.469	43,5
Ciudad Real	530.308	2.886	527.422	28.240	53,5
Córdoba	761.150	7.027	754.123	55.874	74,1
La Coruña	883.090	21.702	861.388	50.498	58,6
Cuenca	333.335	1.233	332.102	9.841	29,6
Gerona	322.360	10.505	311.855	41.381	132,7
Granada	737.690	6.481	731.209	35.149	48,1
Guadalajara	205.726	4.250	201.476	4.619	22,9
Guipúzcoa	331.753	6.131	325.622	56.757	174,3
Huelva	366.526	2.847	363.679	32.158	88,4
Huesca	231,647	5.031	226.161	17.950	79,2
Jaén	753.308	2.227	751.081	47.264	62,9
León	493.258	1.635	491.623	27.313	55,6
Lérida	297.440	4.627	292.813	18.286	62,4
Logroño	221.160	4.613	216.547	16.634	76,8
Lugo	512.735	4.248	508.487	10.760	21,2
Madrid	1.579.793	52.571	1.527.222	167.095	109,4
Málaga	677.474	6.454	671.020	41.434	61,7
Murcia	719.701	12.319	707.382	47.667	67,4
Navarra	369.618	7.003	362.615	25.671	70,8
Orense	458.272	2.996	455.276	10.972	24,1
Oviedo	386.642	7.611	829.031	103.008	124,3
Palencia	217.108	1.136	215.972	17.310	80,1
Las Palmas	320.624	6.972	313.552	17.698	56,4
Pontevedra	641.763	7.500	634.263	38.628	60,9
Salamanca	390.468	6.329	384.139	15.988	41,6
Santa Cruz	359.770	9.922	349.848	17.140	49,0
Santander	393.710	2.456	391.254	38.614	98,7
Segovia	189.190	3.244	185.946	9.088	48,9
Sevilla	963.044	15.535	947.509	91.362	96,4
Soria	159.824	983	158.841	3.426	21,6
Tarragona	339.299	3.709	335.590	28.598	85,2
Teruel	232.064	1.946	230.118	6.784	29,5
Toledo	480.008	2.980	477.028	11.957	25,1
Valencia	1.256.633	13.725	1.242.908	120.822	97,2
Valladolid	332.526	5.326	327.200	20.538	62,8
Vizcaya	511.135	2.828	508.307	86.317	169,8
Zamora	298.722	4.819	293.903	8.863	30,2
Zaragoza	595.095	10.593	584.502	55.893	95.6
Totales	25.877.971	380.497	25.497.474	2.211.728	86,7

CUADRO N.º 8

PROVINCIA	Habitantes computados	Extensión en Km.²	Densidad computada	Índices de industrialización
Álava	107.761	3.043	35,4	97,2
Albacete	372.059	14.862	25,0	41,6
Alicante	601.519	5.863	102,6	135,6
Almería	356.396	8.774	40.6	57,7
Ávila	233.647	8.048	29,0	24,0
Badajoz	736.167	21.653	34.0	44,1
Baleares	389.785	5.014	77,7	120,7
Barcelona	1.905.510	7.705	247,3	233,3
Burgos	369.030	14.330	25,8	72,0
Cáceres	507.251	19.940	25,4	41,1
Cádiz...	579.262	7.323	79,1	95,7
Castellón	309.618	6.679	46,4	43,5
Ciudad Real	527.422	19.741	26,7	53,5
Córdoba	754.123	13.718	55,0	74,1
La Coruña	861.388	7.903	109,0	58,6
Cuenca	332.102	17.062	19,5	29,6
Gerona	311.855	5.886	53,0	132,7
Granada	731.209	12.531	58,4	48,1
Guadalajara	201.476	12.197	16,5	22,9
Guipúzcoa	325.622	1.885	172,7	174,3
Huelva	363.679	10.085	36,1	88,4
Huesca	226.616	15.680	14,5	79,2
Jaén	751.081	13.492	55,7	62,9
León	491.623	15.377	32,0	55,6
Lérida	292.813	12.060	24,3	62,4
Logroño	216.547	5.293	40,9	76,8
Lugo	508.487	9.881	51,5	21,2
Madrid	1.527.222	8.002	190,9	109,4
Málaga	671.020	7.285	92,1	61,7
Murcia	707.382	11.317	62,5	67,4
Navarra	362.615	10.421	34,8	70,8
Orense	455.276	6.979	65,2	24,1
Oviedo	829.031	10.895	76,2	124,3
Palencia	215.972	8.019	26,9	80,1
Las Palmas	313.552	4.065	77,1	56,4
Pontevedra	634.263	4.391	144,4	60,9
Salamanca	384.139	12.313	31,2	41,6
Santa Cruz	349.848	3.208	109,1	49,0
Santander	391.254	5.293	73,9	98,7
Segovia	185.946	6.949	26,8	48,9
Sevilla	947.509	14.010	67,6	96,4
Soria	158.841	10.301	15,4	21,6
Tarragona	335.590	6.283	53,4	85,2
Teruel	230.118	14.797	15,6	29,5
Toledo	477.028	15.345	31,1	25,1
Valencia	1.242.908	10.762	115,5	97,2
Valladolid	327.200	8.345	39,2	62,8
Vizcaya	508.307	2.195	231,6	169,8
Zamora	293.903	10.591	27,8	30,2
Zaragoza	584.502	17.132	34,1	95,6
Totales	25.497.474	504.923	50,5	86,7

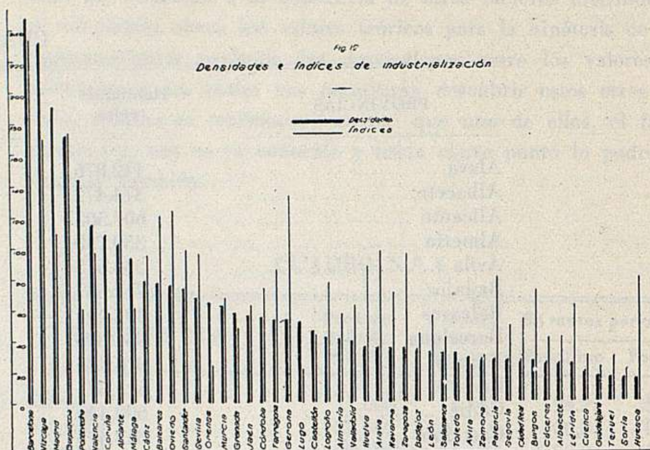




Fig. 13
Porcentaje de obreros diversos

CUADRO N.º 9

PROVINCIAS	Densidades	x	x^2	Índices	y	y^2	xy
Barcelona	247,3	185,0	34.225	233,3	159,4	25.408	29.489
Vizcaya	231,6	169,3	28.662	169,8	95,9	9.197	16.236
Madrid	190,9	128,6	16.538	109,4	35,5	1.260	4.566
Guipúzcoa	172,7	110,4	12.188	174,3	100,4	10.080	11.085
Pontevedra	144,4	82,1	6.740	60,9	13,0	169	1.068
Valencia	115,5	53,2	2.830	97,2	23,3	543	1.240
La Coruña	109,0	46,7	2.181	58,6	15,3	234	714
Alicante	102,6	40,3	1.624	135,6	61,7	3.807	2.477
Málaga	92,1	29,8	888	61,7	12,2	149	364
Cádiz	79,1	16,8	282	95,7	21,8	475	366
Baleares	77,7	15,4	237	120,7	46,8	2.190	720
Oviedo	76,2	13,9	193	124,3	50,4	2.540	701
Santander	73,9	11,6	135	98,7	24,8	615	288
Sevilla	67,6	5,3	28	96,4	22,5	506	119
Orense	65,2	2,9	8	24,1	49,8	2.480	145
Murcia	62,5	0,2	0	67,4	6,5	42	1
Granada	58,4	3,9	15	48,1	25,8	666	101
Jaén	55,7	6,6	44	62,9	11,0	121	73
Córdoba	55,0	7,3	53	74,1	0,2	0	1
Tarragona	53,4	8,9	79	85,2	11,3	128	101
Gerona	53,0	9,3	86	132,7	58,8	3.457	547
Lugo	51,5	10,8	117	21,2	52,7	2.777	569
Castellón	46,4	15,9	253	43,5	30,4	924	483
Logroño	40,9	21,4	458	76,8	2,9	8	62
Almería	40,6	21,7	471	57,7	16,2	262	352
Valladolid	39,2	23,1	534	62,8	11,1	123	256
Huelva	36,1	26,2	686	88,4	14,5	210	380
Álava	35,4	26,9	724	97,2	23,3	543	627
Navarra	34,8	27,5	756	70,8	3,1	10	85
Zaragoza	34,1	28,2	795	95,6	21,7	471	612
Badajoz	34,0	28,3	801	44,1	29,8	888	843
León	32,0	30,3	918	55,6	18,3	335	554
Salamanca	31,2	31,1	967	41,6	32,3	1.043	1.005
Toledo	31,1	31,2	973	25,1	48,8	2.381	1.523
Ávila	29,0	33,3	1.109	24,0	49,9	2.490	1.662
Zamora	27,8	34,5	1.190	30,2	43,7	1.910	1.508
Palencia	26,9	35,4	1.253	80,1	6,2	38	219
Segovia	26,8	35,5	1.260	48,9	25,0	625	887
Ciudad Real	26,7	35,6	1.267	53,5	20,4	416	726
Burgos	25,8	36,5	1.332	72,0	1,9	4	69
Cáceres	25,4	36,9	1.362	41,1	32,8	1.076	1.210
Albacete	25,0	37,3	1.391	41,6	32,3	1.043	1.205
Lérida	24,3	38,0	1.444	62,4	11,5	132	437
Cuenca	19,5	42,8	1.832	29,6	44,3	1.962	1.896
Guadalajara	16,5	45,8	2.098	22,9	51,0	2.601	2.336
Teruel	15,6	46,7	2.181	29,5	44,4	1.971	2.053
Soria	15,4	46,9	2.200	21,6	52,3	2.735	2.453
Huesca	14,5	47,8	2.285	79,2	5,3	27	253
Totales	2.990,3		137.693	3.548,1		91.072	84.479

§ 3. LAS DESVIACIONES OBSERVADAS

12. El problema de las industrias diversas.

El criterio de máxima objetividad que desde un principio nos hemos impuesto, ha exigido que en el cálculo del coeficiente de correlación entre las series correspondientes a densidades e índices de industrialización de las diversas provincias españolas se hiciera uso de los datos oficiales de las publicaciones de la Dirección General de Estadística; hacerlo de otro modo sería exponerse a introducir un factor subjetivo en la categoricidad del referido coeficiente en detrimento de su significativo valor. Pero para la labor de descubrir las causas de las desviaciones existentes entre los valores reales de industrialización y los así calculados, interesa sobremanera someter aquellos datos a un trabajo de depuración que los aproxime, en lo posible, a los valores correspondientes al número verdadero de productores secundarios.

Y esta depuración es necesaria, por lo menos, en un aspecto: existe en los datos referentes al número de productores secundarios de las diversas provincias una desigualdad desconcertante en el cómputo de los dedicados a industrias diversas. Expliquemos en lo que consiste: Dijimos en el epígrafe 2 que las actividades incluídas en la llamada producción secundaria se agrupan en

13 capítulos, titulados respectivamente: Minas y canteras, Industrias alimenticias, Industrias químicas, Artes gráficas, Industrias textiles, Confecciones, Cueros y pieles, Industrias de la madera, Metalurgia, Trabajo de los metales, Trabajo de los metales finos, Construcción e Industrias varias. Cada uno de estos capítulos se subdivide a su vez en distintos epígrafes —81 en total—, el último de los cuales es casi siempre uno comprensivo de todas las industrias del capítulo no especialmente designadas en un epígrafe anterior, por ejemplo: Otras alimentaciones, Otras químicas, etc.; a su vez el último capítulo —Industrias varias— comprende los cuatro epígrafes: Producción eléctrica, Electroquímica, Cristal, loza, etc., y Diversas. En vista de ello era de esperar que el número de productores dedicados a Industrias diversas había de ser muy escaso, ya que resulta difícil imaginar una actividad secundaria no comprendida en ninguno de los epígrafes anteriores, y así resulta de hecho en algunas provincias, como Salamanca y Toledo, en que significa sólo el 2 por 1.000 del total de productores secundarios: Zamora y Cuenca, en que es el 3, y Teruel, en que es el 5. Pero no sólo tal circunstancia no constituye la regla general, sino que antes bien debe considerarse una rarísima excepción puesto que para el conjunto de la nación el número de obreros «diversos» asciende a 521.129 entre un total de 2.211.957 productores secundarios, es decir, se halla en una proporción de un 236 por 1.000, dándose el caso de provincias, como Burgos y Huesca, en que el tanto por mil se eleva hasta 681 y 576 respectivamente. Esta discrepancia subsiste entre los municipios de una misma provincia, lo que demuestra que no obedece a criterios diversos seguidos por las distintas Secciones Provinciales de Estadística; así, mientras en Oviedo capital se elevan a 6.055 de 13.078, en Langreo, de la misma provincia, se reducen a 3 entre 11.866.

Anomalía tan extraordinaria no sólo hace padecer el indudable interés de los datos oficiales respecto a clasificación de la producción secundaria, con su minuciosa discriminación por sexos, edades y estado civil de los productores, sino que sume el ánimo en hondas perplejidades ante la necesidad de tomar alguna decisión respecto al modo de computación de tan considerable número de obreros diversos. Una publicación oficial ha soslayado el problema mediante el expedito procedimiento de ignorarlos (1), y ello quizás sería una solución si el porcentaje de «diversos» en las distintas provincias no fuera excesivamente variado; pero ante la circunstancia de no ocurrir así no queda más remedio que abordar el problema de frente sometiéndolo a un minucioso análisis con objeto de que la decisión que se adopte tenga las máximas probabilidades de acercarse a la realidad.

Del cuadro núm. 10, cuyas tres primeras columnas representan, respectivamente, el número total de productores secundarios, el de obreros «diversos» y el tanto por mil de estos últimos con relación a los primeros, y del mapa de la figura 13, que constituye la representación gráfica de este tanto por mil, se deducen las siguientes consecuencias:

1.º En general, el número de «diversos» es reducido en las provincias de pequeños índices de industrialización, por ejemplo: Avila, Toledo, Teruel; en cambio en las de índice grande la proporción de «diversos» varía mucho, desde 468 por 1.000 en Vizcaya y 391 en Valencia, hasta 147 en Barcelona y 66 en Alicante.

2.º Con raras excepciones, las provincias con elevada proporción de «diversos» están situadas en el SO. de la Península, donde domina el monocultivo, existe un crecido paro estacional y se da con relativa frecuencia el caso del obrero que cambia de ocupación.

El conocimiento personal de los factores del problema, la consideración de que mientras un obrero clasificado en un epígrafe bien determinado dedica indudablemente su actividad a la producción secundaria, en cambio es posible que un obrero «diverso» corresponda en realidad a una actividad ignorada, o esté en paro estacional o permanente, y la de que esta posibilidad es tanto mayor cuanto más grande sea la proporción de «diversos» entre el número total de productores secundarios, nos han llevado a adoptar las siguientes decisiones para el cómputo de su valor:

1.º Provincias cuya proporción de «diversos» es inferior al 150 por 1.000. Se han computado en su totalidad.

2.º Provincias en que oscila entre el 150 y el 300 por 1.000. Se ha computado el 150 por 1.000.

3.º Provincias en que es superior al 300 por 1.000. Se ha computado su mitad.

4.º Casos especiales. Hemos hecho objeto de una computación especial a los dos grupos siguientes de provincias:

a) El formado por Madrid, Oviedo, Santander, Valencia y Vizcaya, de importancia industrial imposible de ignorar; a pesar de la elevada proporción de obreros diversos se han computado en sus tres cuartas partes, dejando el resto para obreros parados o dedicados a actividades terciarias —por ejemplo: transporte y comercio.

b) El de Burgos y Huesca. Sus proporciones respectivas de 681 y 576 por 1.000 y el hecho de estar situadas fuera de la zona de altas proporciones que corresponde al SO. nos han obligado a prescindir totalmente de los datos oficiales y calcular el número de productores secundarios por el siguiente método indirecto:

Por los estudios de Colin Clark se sabe que existe una íntima relación entre los números de productores secundarios y terciarios de cada país. En su consecuencia, hemos empezado comprobando si esa relación se daba también de hecho entre las distintas provincias españolas, limitándonos con objeto de obtener una mayor exactitud en los cálculos a las más próximas a aquellas dos y excluyendo a las que presentan proporciones de «diversos» superiores al 250 por 1.000. Las provincias consideradas han sido, en definitiva, las 5 de León, las 6 de Castilla la Vieja, las 3 Vascongadas, Navarra, las 3 de Aragón, las 4 de Cataluña, con Guadalajara y Castellón de la Plana, excluyendo de entre ellas a León, Palencia, Santander y Vizcaya, además como es lógico, de las dos de Burgos y Huesca. En el cuadro número 11, cuyas primera y tercera columnas representan respectivamente el número de productores secundarios y terciarios de las provincias consideradas, y las segunda y cuarta el de productores de las mismas clases por mil habitantes, se ha calculado el coeficiente de correlación de ambas series de valores que ha resulta ser 0,924, lo que demuestra el cumplimiento de la hipótesis de Colin Clark en España. Partiendo de este hecho, se ha calculado luego en el cuadro núm. 12 el índice

(1) La Renta Nacional de España.

teórico de industrialización que correspondería a Burgos y Huesca dada su proporción de productores terciarios (1); multiplicando ahora los valores obtenidos por el número de habitantes de cada una de las dos provincias, llegamos a una cifra teórica de productores —17.528 para Burgos y 10.424 para Huesca— que sin ser, desde luego, exactas se hallan con seguridad mucho más próximas a la realidad que las que figuran en las estadísticas oficiales.

Las cifras corregidas de productores secundarios e índices de industrialización de las diversas provincias que tomaremos en lo sucesivo como base de nuestros cálculos son, en definitiva, las que figuran en las columnas 4 y 5 del cuadro núm. 10.

13. Cálculo de las desviaciones.

Si el coeficiente de correlación entre las densidades y los índices de industrialización fuese la unidad, sería posible expresar unos en función de otros mediante una fórmula más o menos complicada. Si la correlación fuese imperfecta, pero hubiera razones para sospechar que la imperfección era debida exclusivamente a errores en la recolección de los datos estadísticos, dispondríamos del recurso de la compensación para hallar los valores probables. En nuestro caso el problema es más complicado, pues sabemos desde un principio que la distribución de los índices de industrialización no depende exclusivamente de las densidades, y queremos hallar precisamente los factores que —aparte lo indicado— la determinan.

Para ello no nos queda más recurso que calcular los índices teóricos de industrialización de cada provincia, suponiendo que los errores sean únicamente de tipo experimental, y hallar la desviación para cada una de ellas entre el valor calculado y el real; las desviaciones así deducidas nos revelarán la existencia de los otros factores que buscamos. Cierto que los resultados no serán absolutamente exactos, ya que compensamos a la vez errores e influencias de otros factores, pero podemos esperar que sean suficientemente aproximados para nuestra finalidad; en último extremo siempre podremos apelar a una comprobación, efectuando un nuevo cálculo una vez corregidas las demás influencias y viendo si ha mejorado el índice de correlación.

En la figura 14 se ha representado gráficamente el cuadro número 10 de densidades e índices, tomando a aquéllas sobre el eje de ordenadas y a éstos sobre el de abscisas. En la misma se observan inmediatamente dos hechos: una gran acumulación de puntos en los valores bajos de ambas coordenadas, y la improcedencia de elegir como compensadora una función de primer grado que nos daría índices excesivos en las provincias de densidad elevada, pues no podemos olvidar que aquéllos tienen un límite superior —el de 1.000 obreros industriales por 1.000 habitantes— que no puede ser alcanzado.

Ambas consideraciones han inducido a tantear la escala logarítmica, que nos permitiría mediante el sencillo cálculo de una compensación lineal efectuar en realidad una de tipo exponencial, ya que de log. $y = a + b$ log. x se deduce $y = a\ x^b$. Además si b resulta menor que la unidad, será más probable que la curva se acomode mejor a los valores reales de los índices en las provincias de densidades elevadas; a pesar de todo, hemos de esperar para ellos valores superiores a los reales.

La simple observación de la figura 15, reproducción de la anterior a escala logarítmica, muestra lo acertado de nuestras suposiciones, ya que además de distribuirse los valores con mayor regularidad —téngase en cuenta que con objeto de conseguir una representación a mayor escala se ha tomado como origen de coordenadas el punto de abscisa 1 y ordenada 1,20— tienen mayor tendencia a oscilar alrededor de una recta compensadora. El cálculo de ésta se ha efectuado por el método de mínimos cuadrados con ayuda del cuadro núm. 13, en el que las x significan logaritmos de las desidades y las y logaritmos de los índices de industrialización. Siendo para cada provincia

$$a + bx - y = v \text{ (desviación)},$$

siendo $y = a + bx$ la recta compensadora, hemos de calcular a y b de modo que el cuadrado de las desviaciones sea un mínimo, lo que nos da las ecuaciones normales.

$$48.\,a + b.\,\Sigma\,x - \Sigma\,y = \Sigma\,v = 0$$

$$a.\,\Sigma\,x + b.\,\Sigma\,x^2 - \Sigma\,xy = \Sigma\,xv = 0,$$

o

$$a = \frac{\Sigma\,x^2\,\Sigma\,y - \Sigma\,x\,\Sigma\,xy}{48.\,\Sigma\,x^2 - (\Sigma\,x)^2}\ ,\quad b = \frac{48,\,\Sigma\,xy - \Sigma\,x\,\Sigma\,y}{48.\,\Sigma\,x^2 - (\Sigma\,x)^2}$$

y, en este caso concreto

$$a = \frac{139{,}282 \times 84{,}392 - 80{,}428 \times 143{,}899}{48 \times 139{,}282 - 80{,}428^2} = \frac{180{,}778}{216{,}873} = 0{,}834$$

$$b = \frac{48 \times 143{,}899 - 80{,}428 \times 84{,}392}{48 \times 139{,}282 - 80{,}428^2} = \frac{119{,}672}{216{,}873} = 0{,}552,$$

con lo que la recta compensadora será $y = 0{,}834 + 0{,}552 \times y$, la función compensadora, $y = 0{,}834 \times 0{,}552$, con un exponente de x —0,552— muy inferior a la unidad que reducirá sensiblemente los irremediables errores en las provincias de densidades elevadas.

En el mismo cuadro se han calculado los valores de y correspondientes a la función compensadora; su antilogaritmo nos dará los índices de industrialización teóricos para la hipótesis de que el coeficiente de correlación entre los índices y las densidades fuera igual a la unidad. En el cuadro núm. 14 la comparación entre los valores reales y los calculados nos ha permitido deducir los porcentajes de exceso o defecto correspondientes a cada provincia; la figura 16 constituye la representación gráfica de los resultados obtenidos con la sola modificación que a continuación se indica.

Se sabe que las leyes estadísticas son tanto más ciertas cuanto más análogo es el orden de los valores que se comparan. Pero entre las 48 provincias que consideramos hay tres, las provincias vascas, cuya extensión territorial es tan pequeña que incluso su suma sigue siendo menor que la de la mayor parte de las restantes; además, la línea divisoria entre ellas es tan irregular que la provincia de Álava llega muy cerca de Bilbao, lo que determina que una parte de aquélla siga la influencia de Bilbao con preferencia a la de Vitoria. Parece, pues, aconsejable considerar como una sola provincia, a la que llamaremos Vascongadas, el

(1) El método utilizado es análogo al que se expondrá con detalle en el epígrafe siguiente.

conjunto de las tres; los valores correspondientes a ella que nos interesan serán:

PROVINCIAS	Product. indust.	Población corregida	Índices de industrialización	Extensión en Km.²	Densidad
Álava	10.470	107.761	97,2	3.043	35,4
Guipúzcoa	52.575	325.622	161,5	1.885	172,7
Vizcaya	76.216	508.307	149,9	2.195	231,6
Vascongadas	139.261	941.690	147,9	7.123	132,2

log. 132,2 = 2,121, y = 0,834 + 0,552 × 2,121 = 2,005, antilog. 2,005 = 101,1, con un índice real de 147,9, uno teórico de 101,1 y una desviación positiva de 46 %.

14. Análisis de las desviaciones.

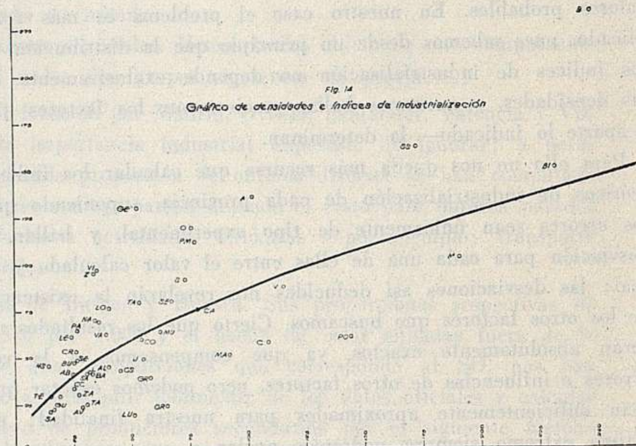
Para la mejor investigación de los factores determinativos de las desviaciones que nos ocupan se ha ideado el cuadro núm. 15, cuyas columnas corresponden a provincias de una misma región industrial y las líneas horizontales a provincias de desviaciones análogas. Las regiones industriales están colocadas en el orden decreciente de desviación de sus máximos provinciales, y las provincias de cada región por orden decreciente de desviaciones, advirtiendo, para simplificar el lenguaje, que consideramos a las desviaciones negativas como inferiores a las positivas y que de dos desviaciones negativas consideramos como menor a la de mayor valor absoluto.

Del examen del cuadro se desprende:

1.º Se confirma, en general, la ley geométrica de distribución de NE. al SO. y del litoral al interior, ya que aparte de la región del Ebro, cuya situación NE. ha podido vencer a la interior —por otra parte menos acusada que en las otras también interiores—, las regiones litorales aparecen antes que las centrales. Como nota discordante acusadísima aparece la región Noroeste, que, a pesar de su situación litoral, presenta desviaciones tan bajas que la más favorable de sus cuatro provincias es inferior a la de casi todas las restantes provincias españolas.

2.º También se confirma, en general, la ley geométrica de decrecimiento dentro de cada región a partir de los focos de industrialización. En el Ebro, Levante, Duero y Noroeste así ocurre; en el Centro la pequeña ventaja de Cuenca respecto a Madrid (—16 y —17 respectivamente) se explica por su superior proximidad al litoral; en el Nordeste el valor superior de Gerona se debe, en parte, a su extrema situación NE. y a los valores excesivos que ya dijimos alcanzaba la curva exponencial compensadora en las provincias de densidad elevada (1). En el Norte y en el Suroeste, por el contrario, la dificultad parece insuperable, pues en la primera región Oviedo y Palencia presentan desviaciones superiores a las Vascongadas (58 y 54 frente a 46) y en la segunda Huelva y Ciudad Real las poseen muy superiores a Sevilla (42, 28 y 15 respectivamente).

3.º Prescindiendo de estas cuatro excepciones, los decrecimientos dentro de cada región se efectúan de un modo gradual, sin saltos bruscos, en proporción a las distancias relativas de cada provincia a su foco industrial, y de acuerdo con la ley geométrica de distribución. Esta regularidad viene quebrada, sin embargo, en dos casos: En Levante se da un salto demasiado brusco entre Alicante y las provincias marítimas inmediatas, ya que su inmediata interior, Albacete, tiene mejor desviación que Valencia y Murcia; realmente el sentido de la simetría parece exigir que Valencia y Murcia estuvieran situadas uno o dos cuadros más arriba del que ocupan. Algo parecido ocurre en el Suroeste: prescindiendo de Huelva y Ciudad Real, el foco de Sevilla (—15) se expansiona con regularidad hasta Cádiz (—1) y Córdoba (—5) primero y hasta Badajoz (—14) y Jaén (—22), pero para las provincias de Málaga y Granada la regularidad fracasa estrepitosamente, ya que a pesar de su carácter marítimo (1) sus desviciones (—38 y —39) son muy bajas.



En definitiva, las anomalías observadas en las desviaciones pueden distribuirse en tres grupos:

a) Un grupo con desviaciones excepcionalmente bajas, constituído por las cuatro provincias gallegas.

b) El grupo formado por las provincias de Huelva, Ciudad Real, Oviedo y Palencia, con desviaciones superiores en 27, 13, 12 y 8 a las de sus focos, a pesar de que por la situación muy excéntrica respecto a ellas de las tres últimas deberían tenerlas muy inferiores.

c) El grupo formado por Valencia, Murcia, Málaga y Granada, con desviaciones demasiado bajas dada su situación geométrica.

(1) La desviación superior de Gerona viene también influída por la circunstancia de que las oficinas —y, por tanto, los productores terciarios— de muchas empresas con establecimientos fabriles en la provincia radican en Barcelona.

(1) En realidad, la provincia de Granada no tiene de marítima más que el nombre, pues por la carencia de puertos propios su tráfico se realiza por el de Málaga.

CUADRO NÚM. 10

PROVINCIAS	Productores secundarios	Obreros diversos	%	Obreros diversos computados	Productores secundarios computados	Índices computados
Álava	10.470	966	9,2	966	10.470	97,2
Albacete	15.462	685	4,4	685	15.462	41,6
Alicante...	81.576	5.393	6,6	5.393	81.576	135,6
Almería...	20.573	9.036	43,9	4.518	16.055	45,0
Ávila	5.608	442	7,9	442	5.608	24,0
Badajoz...	32.445	6.864	21,2	4.867	30.448	41,3
Baleares...	47.045	10.479	22,3	7.057	43.623	111,9
Barcelona	444.649	65.239	14,7	65.239	444.649	233,3
Burgos	26.579	18.093	68,1		17.528	47,5
Cáceres	20.847	7.897	37,9	3.948	16.898	33,3
Cádiz	55.408	23.247	42,0	11.623	43.784	75,6
Castellón...	13.469	476	3,5	476	13.469	43,5
Ciudad Real	28.240	1.052	3,7	1.052	28.240	53,5
Córdoba...	55.874	22.538	40,3	11.269	44.605	59,1
Coruña	50.498	5.251	10,4	5.251	50.498	58,6
Cuenca	9.841	25	0,3	25	9.841	29,6
Gerona	41.381	6.983	16,9	6.207	40.605	130,2
Granada...	35.149	13.090	37,2	6.545	28.604	39,1
Guadalajara...	4.619	306	6,6	306	4.619	22,9
Guipúzcoa	56.757	12.696	22,4	8.514	52.575	161,5
Huelva	32.158	13.527	42,1	6.763	25.394	69,8
Huesca	17.950	10.234		10.424	10.424	46,0
Jaén...	47.264	20.721	43,8	10.360	36.903	49,1
León...	27.313	12.696	46,5	6.348	20.965	42,6
Lérida	18.286	3.001	16,4	2.743	18.028	61,6
Logroño...	16.634	2.469	14,8	2.469	16.634	76,8
Lugo...	10.760	2.714	25,2	1.614	9.660	19,0
Madrid	167.095	41.611	24,9	31.208	156.692	102,6
Málaga	41.434	14.348	34,6	7.174	34.260	51,1
Murcia	47.667	9.680	20,3	7.150	45.137	63,8
Navarra...	25.671	211	0,8	211	25.671	70,8
Orense	10.972	429	3,9	429	10.972	24,1
Oviedo	103.008	20.612	20,0	15.451	97.847	118,0
Palencia...	17.310	6.717	38,8	3.358	13.951	64,6
Pontevedra	38.628	2.804	7,3	2.804	38.628	60,9
Salamanca	15.988	28	0,2	28	15.988	41,6
Santander	38.614	11.401	29,5	8.551	35.764	91,4
Segovia	9.088	144	1,6	144	9.088	48,9
Sevilla	91.362	31.017	33,9	15.508	75.853	80,1
Soria...	3.426	127	3,7	127	3.426	21,6
Tarragona	28.598	6.222	21,7	4.290	26.666	79,5
Teruel	6.784	35	0,5	35	6.784	29,5
Toledo	11.957	20	0,2	20	11.957	25,1
Valencia...	120.822	47.277	39,1	35.458	109.003	87,7
Valladolid	20.538	1.827	8,9	1.827	20.538	62,8
Vizcaya	86.317	40.405	46,8	30.304	76.216	149,9
Zamora	8.863	24	0,3	24	8.863	30,2
Zaragoza	55.893	5.514	9,9	5.514	55.893	95,6

CUADRO NUM. 11

PROVINCIAS	Product. secund.	P. s. por mil hab. = x	Product. terciar (1) nota	P. t. por mil hab. = y	$x - 74 = X$	X^2	$y - 67 = Y$	Y^2	XY
Álava	10.470	97,2	9.687	89,9	+ 23,2	538	+ 22,9	524	+ 532
Ávila	5.608	24,0	10.431	44,6	— 50,0	2.500	— 22,4	502	+ 1.120
Barcelona	444.649	233,3	262.203	137,6	+ 159,3	25.376	+ 70,6	4.984	+ 11.247
Castellón	13.469	43,5	11.534	37,3	— 30,5	930	— 29,7	882	+ 906
Gerona	40.605	130,2	23.470	75,3	+ 56,2	3.158	+ 8,3	69	+ 467
Guadalajara	4.619	22,9	7.579	37,6	— 51,1	2.611	— 29,4	864	+ 1.502
Guipúzcoa	52.575	161,5	40.244	123,6	+ 87,5	7.656	+ 56,6	3.204	+ 4.952
Lérida	18.028	61,6	16.295	55,7	— 12,4	154	— 11,3	128	+ 140
Logroño	16.634	76,8	13.747	63,5	+ 2,8	8	— 3,5	12	— 10
Navarra	25.671	70,8	24.865	68,6	— 3,2	10	+ 1,6	3	— 5
Salamanca	15.988	41,6	22.246	57,9	— 32,4	1.050	— 9,1	83	+ 295
Segovia	9.088	48,9	10.136	54,5	— 25,1	630	— 12,5	156	+ 314
Soria	3.426	21,6	5.928	37,3	— 52,4	2.746	— 29,7	882	+ 1.556
Tarragona	26.666	79,5	21.669	64,5	+ 5,5	30	— 2,5	6	— 14
Teruel	6.784	29,5	7.246	31,5	— 44,5	1.980	— 35,5	1.260	+ 1.580
Valladolid	20.538	62,8	27,856	85,1	— 11,2	125	+ 18,1	328	— 203
Zamora	8.863	30,2	12.211	41,5	— 43,8	1.918	— 25,5	650	+ 1.117
Zaragoza	55.893	95,6	57.909	99,1	+ 21,6	467	+ 32,1	1.030	+ 693
		1.331,5		1.205,1		51.887		15.567	+ 26.189

$$\frac{1.331,5}{18} = 74, \qquad \frac{1.205,1}{18} = 67$$

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{51.887}{18}} = 53,69 \qquad \sigma_2 = \sqrt{\frac{15.567}{18}} = 29,41 \qquad \therefore r = \frac{25.189}{18 \times 53,69 \times 29,41} = 0,927$$

(1) *Nota.*—Sin fuerza pública.

CUADRO NÚM. 12

PROVINCIAS	P. s. por mil hab. = X	log. X = x	x^2	P. t. por mil hab. = Y	log. Y = y	xy
Álava	97,2	1,988	3,952	89,9	1,954	3,885
Ávila	24,0	1,380	1,904	44,6	1,649	2,276
Barcelona	233,3	2,368	5,607	137,6	2,139	5,065
Castellón	43,5	1,638	2,683	37,3	1,572	2,575
Gerona	130,2	2,115	4,473	75,3	1,877	3,970
Guadalajara	22,9	1,360	1,850	37,6	1,575	2,142
Guipúzcoa	161,5	2,208	4,875	123,6	2,092	4,619
Lérida	61,6	1,790	3,204	55,7	1,746	3,125
Logroño	76,8	1,885	3,553	63,5	1,803	3,399
Navarra	70,8	1,850	3,422	68,6	1,836	3,397
Salamanca	41,6	1,619	2,621	57,9	1,763	2,854
Segovia	48,9	1,689	2,853	54,5	1,736	2,932
Soria	21,6	1,334	1,780	37,3	1,572	2,097
Tarragona	79,5	1,900	3,610	64,5	1,810	3,439
Teruel	29,5	1,470	2,161	31,5	1,498	2,202
Valladolid	62,8	1,798	3,233	85,1	1,930	3,470
Zamora	30,2	1,480	2,190	41,5	1,618	2,395
Zaragoza	95,6	1,980	3,920	99,1	1,996	3,952
		x = 31,852	x^2 57,891		y = 32,166	xy = 57,794

$$a = \frac{[x^2]\,[y] - [x]\,[x\,y]}{n\,[x^2] - [x]^2} = \frac{57,891 \times 32,166 - 31,852 \times 57.794}{18 \times 57,891 - 31,852^2} = \frac{21,267}{27,488} = 0,774$$

$$b = \frac{n\,[x\,y] - [x]\,[y]}{n\,[x^2] - [x]^2} = \frac{18 \times 57,794 - 31,852 \times 32,166}{18 \times 57,891 - 31,852^2} = \frac{15,741}{27,488} = 0,573$$

$$y = 0,774 \times 0,573\,\varphi \qquad \varphi = 1,746\,y - 1,293$$

PROVINCIAS	P. t, sin f. p.	P. t. mil habit. = Y	log. Y = y	1,746 y	x	Antilog. x = X	P. s.
Burgos	18,513	50,2	1,701	2,970	1,677	47,5	17.528
Huesca	11.185	49,3	1,693	2,956	1,663	46,0	10.424

CUADRO NÚM. 13

PROVINCIAS	x	x^2	y	$x\,y$	0,552 x	y teórica	Índice teórico
Barcelona	2,393	5,726	2,368	5,667	1,321	2,155	143,0
Vizcaya	2,365	5,593	2,176	5,146	1,305	2,139	137,5
Madrid	2,281	5,203	2,011	4,587	1,259	2,093	124,0
Guipúzcoa	2,237	5,004	2,208	4,939	1,235	2,069	117,0
Pontevedra...	2,159	4,661	1,785	3,854	1,192	2,026	106,0
Valencia...	2,063	4,257	1,943	4,008	1,139	1,973	94,0
Coruña	2,037	4,149	1,768	3,601	1,124	1,958	90,8
Alicante...	2,011	4,044	2,132	4,287	1,110	1,944	87,9
Málaga	1,964	3,857	1,708	3,355	1,084	1,918	82,8
Cádiz...	1,898	3,602	1,878	3,564	1,048	1,882	76,2
Baleares...	1,890	3,572	2,049	3,873	1,043	1,877	75,3
Oviedo	1,882	3,542	2,072	3,900	1,039	1,873	74,6
Santander	1,869	3,493	1,961	3,665	1,032	1,866	73,4
Sevilla	1,830	3,349	1,904	3,484	1,010	1,844	69,8
Orense	1,814	3,290	1,382	2,507	1,002	1,836	68,5
Murcia	1,796	3,226	1,805	3,242	0,991	1,825	66,8
Granada...	1,766	3,119	1,592	2,811	0,975	1,809	64,4
Jaén...	1,746	3,049	1,691	2,952	0,964	1,798	62,8
Córdoba...	1,740	3,028	1,772	3,083	0,960	1,794	62,2
Tarragona	1,728	2,986	1,900	3,283	0,954	1,788	61,4
Gerona	1,724	2,972	2,115	3,646	0,952	1,786	61,1
Lugo...	1,712	2,931	1,279	2.190	0,945	1,779	60,1
Castellón	1,667	2,779	1,638	2,731	0,920	1,754	56,8
Logroño...	1,612	2,599	1,885	3,039	0,890	1,724	53,0
Almería...	1,608	2,586	1,653	2,658	0,888	1,722	52,7
Valladolid	1,593	2,538	1,798	2,864	0,879	1,713	51,6
Huelva	1,557	2,424	1,844	2,871	0,859	1,963	49,3
Álava	1,549	2,399	1,988	3,079	0,855	1,689	48,9
Navarra...	1,542	2,378	1,850	2,853	0,851	1,685	48,4
Zaragoza	1,533	2,351	1,980	3,035	0,846	1,680	47,9
Badajoz...	1,531	2,344	1,616	2,474	0,845	1,679	47,8
León...	1,505	2,265	1,629	2,452	0,831	1,665	46,2
Salamanca	1,494	2,232	1,619	2,419	0,825	1,659	45,6
Toledo	1,493	2,229	1,400	2,090	0,824	1,658	45,5
Ávila...	1,462	2,137	1,380	2,018	0,807	1,641	43,8
Zamora...	1,444	2,085	1,480	2,137	0,797	1,631	42,8
Palencia...	1,430	2,045	1,810	2,588	0,789	1,623	42,0
Segovia	1,428	2,039	1,689	2,412	0,788	1,622	41,9
Ciudad Real	1,426	2,033	1,728	2,464	0,787	1,621	41,8
Burgos	1,412	1,994	1,677	2,368	0,779	1,613	41,0
Cáceres...	1,405	1,974	1,522	2,138	0,766	1,610	40,7
Abacete...	1,398	1,955	1,619	2,263	0,772	1,606	40,4
Lérida	1,386	1,918	1,790	2,481	0,765	1,599	39,7
Cuenca	1,290	1,664	1,471	1,898	0,712	1,546	35,2
Guadalajara...	1,217	1,481	1,360	1,655	0,672	1,506	32,1
Teruel	1,193	1,423	1,470	1,754	0,659	1,493	31,1
Soria	1,187	1,409	1,334	1,583	0,655	1,489	30,8
Huesca	1,161	1,348	1,663	1,931	0,641	1,475	29,9
	80,428	139.282	84,392	143,899			

CUADRO NUM. 14

PROVINCIAS	Indices reales	Indices calculados	Diferencia	%
Barcelona	233,3	143,0	+ 90,3	+ 63
Vizcaya	149,9	137,5	+ 12,4	+ 9
Madrid	102,6	124,0	— 21,4	— 17
Guipúzcoa	161,5	117,0	+ 44,5	+ 38
Pontevedra	60,9	106,0	— 45,1	— 43
Valencia	87,7	94,0	— 6,3	— 7
Coruña	58,6	90,8	— 32,2	— 35
Alicante	135,6	87,9	+ 47,7	+ 54
Málaga	51,1	82,8	— 31,7	— 38
Cádiz	75,6	76,2	— 0,6	— 1
Baleares	111,9	75,3	+ 36,6	+ 47
Oviedo	118,0	74,6	+ 43,4	+ 58
Santander	91,4	73,4	+ 18,0	+ 24
Sevilla	80,1	69,8	+ 10,3	+ 15
Orense	24,1	68,5	— 44,4	— 65
Murcia	63,8	66,8	— 3,0	— 5
Granada	39,1	64,4	— 25,3	— 39
Jaén	49,1	62,8	— 13,7	— 22
Córdoba	59,1	62,2	— 3,1	— 5
Tarragona	79,5	61,4	+ 18,1	+ 29
Gerona	130,2	61,1	+ 69,1	+ 113
Lugo	19,0	60,1	— 41,1	— 68
Castellón	43,5	56,8	— 13,3	— 23
Logroño	76,8	53,0	+ 23,8	+ 45
Almería	45,0	52,7	— 7,7	— 15
Valladolid	62,8	57,6	+ 11,2	+ 22
Huelva	69,8	49,3	+ 20,5	+ 42
Álava	97,2	48,9	+ 48,3	+ 99
Navarra	70,8	48,4	+ 22,4	+ 46
Zaragoza	95,6	47,9	+ 47,7	+ 100
Badajoz	41,3	47,8	— 6,5	— 14
León	42,6	46,2	— 3,6	— 8
Salamanca	41,6	45,6	— 4,0	— 9
Toledo	25,1	45,5	— 20,4	— 45
Ávila	24,0	43,8	— 19,8	— 45
Zamora	30,2	42,8	— 12,6	— 29
Palencia	64,6	42,0	+ 22,6	+ 54
Segovia	48,9	41,9	+ 7,0	+ 17
Ciudad Real	53,5	41,8	+ 11,7	+ 28
Burgos	47,5	41,0	+ 6,5	+ 16
Cáceres	33,3	40,7	— 7,4	— 18
Albacete	41,6	40,4	+ 1,2	+ 3
Lérida	61,6	39,7	+ 21,9	+ 55
Cuenca	29,6	35,2	— 5,6	— 16
Guadalajara	22,9	32,1	— 9,2	— 29
Teruel	29,5	31,1	— 1,6	— 5
Soria	21,6	30,8	— 9,2	— 30
Huesca	46,0	29,9	+ 16,1	+ 54

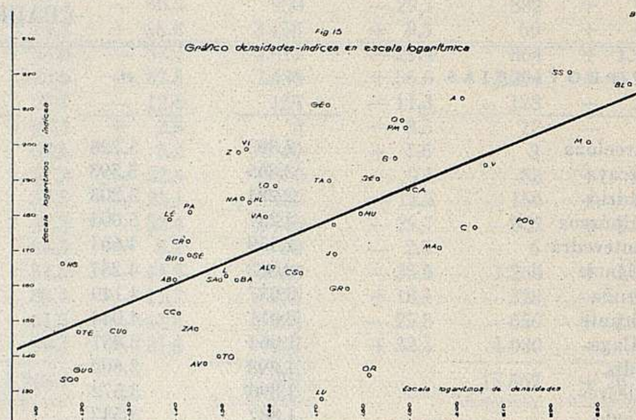




Fig. 16
Desviaciones observadas

CUADRO N.º 15

DESVIACIONES	REGIONES INDUSTRIALES							
	NORDESTE	EBRO	NORTE	LEVANTE	SUROESTE	DUERO	CENTRO	NOROESTE
Superior a + 50 %.	113 Gerona. 63 Barcelona. 55 Lérida.	100 Zaragoza. 54 Huesca.	58 Oviedo. 54 Palencia.	54 Alicante.				
De + 25 a + 50 %.	47 Baleares. 29 Tarragona.	45 Logroño.	46 Vascongadas. 46 Navarra.		42 Huelva. 28 Ciudad Real			
De + 8 a + 25 %.			24 Santander. 16 Burgos.		15 Sevilla.	22 Valladolid. 17 Segovia.		
De — 8 a + 8 %.				+ 3 Albacete. — 5 Murcia. — 5 Teruel. — 7 Valencia.	— 1 Cádiz. — 5 Córdoba.	— 8 León.		
De — 25 a — 8 %.				—15 Almería. —23 Castellón.	— 14 Badajoz. —22 Jaén.	— 9 Salamanca.	—16 Cuenca. —17 Madrid. —18 Cáceres.	
De — 40 a — 25 %.					—38 Málaga. —39 Granada.	—29 Zamora.	—29 Guadalajara. —30 Soria.	—35 Coruña.
							—45 Avila. —45 Toledo.	—43 Lugo. —65 Orense. +68 Pontevedra



§ 4. LOS OTROS FACTORES

15. Esquema del progreso industrial en España.

En un epígrafe anterior —el núm. 10— expusimos que las doctrinas económicas dominantes en los EE. UU. sobre la repercusión de la absorción de potencial de trabajo por la industria no son aplicables a España, ya que parten de la base de una limitación de la mano de obra disponible y de la aplicación de la ley del rendimiento marginal que no se dan en nuestra patria.

Precisa ahora indicar una nueva circunstancia que contribuye poderosamente a la divergencia de sus procesos económicos: la de que mientras la población de los EE. UU. está constituída sobre una base de inmigrantes, la nuestra podríamos decir que lo está por los que no emigraron. Expliquemos brevemente las consecuencias de esta distinción.

En todos los tiempos y en todos los lugares se han dado, en mayor o menor proporción, dos tipos de hombres que difieren fundamentalmente en que mientras los primeros se limitan a vivir —por falta de mayores ambiciones, o de suficiente inteligencia o de la decisión necesaria para llevar a cabo sus ideas— al igual que sus coetáneos, los segundos procuran mejorar su situación poniendo su inteligencia al servicio de una voluntad; y como la satisfacción de las necesidades humanas mediante un mejor aprovechamiento de las materias disponibles proporciona uno de los varios medios lícitos de mejorar de situación, la clase de los empresarios se nutre sobre todo de individuos de la segunda especie. Pero como el hombre presenta una tendencia natural a seguir viviendo en su lugar de origen, el emigrante, por el sólo hecho de la emigración, demuestra poseer una capacidad elevada de decisión; por tanto, a igualdad de todas las demás circunstancias es más probable que surjan empresarios en los países de inmigración que en los de emigración, observación extensiva a las distintas provincias españolas. Desde este punto de vista no cabe duda que el descubrimiento y colonización de América por los españoles, si en su aspecto moral es uno de los más preclaros motivos de orgullo de nuestra patria, en su aspecto material constituyó uno de los factores decisivos del escaso desarrollo de la industria española a partir de los orígenes de la Edad Moderna; la línea Noroeste-Suroeste de decrecimiento industrial que se observa aún hoy en España puede tener su origen en la circunstancia de que, habiendo sido Sevilla el puerto de comunicación con la América española y estando situado este puerto en el extremo SO. de la Península, los obstáculos para la emigración fueron tanto mayores cuanto mayores eran las distancias hasta el mismo. En cambio Norteamérica, cuya población está constituída íntegramente por inmigrantes o sus descendientes, presenta por ello mismo magníficas condiciones para la industrialización.

En la realidad no es corriente que se produzcan en su forma perfecta los tipos de rutinario o de innovador, lo usual es que todo hombre sea una mezcla de ambos en mayores o menores proporciones: así existen el innovador auténtico dispuesto a emprender cosas nuevas en todo momento, el que se decide cuando estima que las circunstancias son favorables, el que sólo se lanza cuando le empujan y el que no se mueve en ninguna ocasión. Según predominen los primeros o los últimos la economía de un país mejorará o se perjudicará, ya que, debido a la competencia internacional, el estancamiento económico equivale a la muerte, y ello depende en gran parte de que las circunstancias sean más o menos favorables para que se lancen los individuos del segundo grupo. Entre estas circunstancia queremos señalar cuatro:

a) La densidad de población, pues cuanto mayor sea el número de habitantes en relación con la extensión que ocupan, tanto más probable será que se establezcan contactos entre ellos y que la influencia del ejemplo de los que se lanzaron y tuvieron éxito llegue hasta los indecisos.

b) La abundancia de materiales disponibles susceptibles de ser aprovechados económicamente.

c) La demanda del mercado.

d) La composición del mercado.

La influencia del primer punto se puso de manifiesto al estudiar la ley demográfica de la industrialización; examinemos ahora la que sobre los índices de industrialización puedan tener los tres siguientes.

16. La abundancia de primeras materias.

Se halla muy difundida la opinión de que la abundancia de primeras materias es un factor decisivo en la industrialización. Expuesta en esta forma categórica y por lo que hace referencia a España, constituye uno de los ejemplos más rotundos de los peligros que resultan de estudiar la economía sobre los libros prescindiendo de lo que ocurre en el terreno de los hechos, ya que es sobradamente conocido que la industria textil se halla concentrada en Cataluña, donde no se produce la lana ni el algodón; la del calzado y de los muebles en Levante, donde escasean la madera y el ganado vacuno, y la siderúrgica en las Vascongadas, donde no hay carbón. Cierto que han intentado hallarse explicaciones para tales anomalías, diciendo, por ejemplo: que la industria textil se estableció en Cataluña aprovechando la fuerza hidráulica de sus ríos, pero lo cierto es que iguales circunstancias se dan en Galicia, donde a pesar de su mayor proximidad a la fuente de las primeras materias, no sólo no se implantó aquella industria, sino que desapareció la hilatura y textura del lino que tanta importancia tuvo en otros tiempos. En realidad la influencia de las primeras materias tiene un carácter puramente limitativo: no pueden implantarse industrias transformadoras de una determinada materia prima allí donde los gastos de transporte de ésta desde sus países de origen sean tan elevados que las imposibilite de competir económicamente en los mercados consumidores con las situadas de modo más favorable; dentro de este límite la ubicación de la industria se determina por otras circunstancias, en España vemos, ya que en primer lugar, por los factores geométricos y demográfico. La industrialización de toda primera materia es económicamente posible en cualquier punto de una determinada área de dispersión en torno de su fuente de origen, cuya mayor o menor magnitud depende principalmente de su deteriorabilidad y valor intrínseco y de la abundancia y baratura de los transportes.

Sin embargo, existe un caso excepcional en que la primera materia ha de ser industrializada forzosamente en el mismo lugar en que se halla; nos referimos a la primera materia *tierra*, que

puede dar lugar a dos explotaciones industriales de muy distinto carácter: la minería y la agricultura intensiva.

a) *La minería.*

Es muy discutible la inclusión de la minería dentro del concepto general de industria; en el caso de España, en que su desarrollo ha seguido una marcha generalmente discordante y en muchos casos opuesta a la de la industria propiamente dicha, más bien debería decidirse a favor de su exclusión, y si nosotros no hemos seguido tal criterio desde un principio, se debió exclusivamente al propósito de máxima objetividad que nos impusimos.

Pero, admítase o no la referida inclusión, la circunstancia de que un grupo de anomalías está constituído por las provincias de Huelva, Ciudad Real, Oviedo y Palencia, de gran actividad minera todas ellas, nos revela claramente la influencia ejercida por la minería sobre los índices de industrialización, y que obra en dos sentidos opuestos: uno restrictivo de las actividades industriales propiamente dichas, al ofrecerse a los empresarios un nuevo campo donde dirigir su atención, y otro expansivo, de un valor muy superior al primero, constituído por la oportunidad que se produce de crear industrias para satisfacer la demanda que de determinados productos hagan las minas —v. gr.: puntales, herramientas, talleres de reparación, etc.— y por la posibilidad de disponer de unas primeras materias, los minerales, de valor intrínseco generalmente poco elevado y muy susceptibles, en consecuencia, a los sobrecostos originados por los gastos de transporte.

Es difícil determinar exactamente tal influencia, ya que para ello sería condición precisa el examen de las instalaciones industriales de cada provincia con objeto de conocer hasta qué punto sus actividades son consecuencia de otras actividades mineras, dificultad agravada por la consideración de que en el capítulo de obreros diversos a que antes nos referimos se hallarán seguramente incluídos algunos o muchos productores que dediquen sus energías a objetivos relacionados con la minería. A pesar de ello, la consideración de que su traducción en cifras nos permitiría comprobar, por eliminación, el funcionamiento de los demás factores distributivos, nos ha llevado a efectuar el cómputo a sabiendas de que los resultados obtenidos no serán ciertos; después de varios tanteos nos hemos decidido por el coeficiente dos, es decir, suponemos que el influjo ejercido por la minería sobre el número de productores secundarios de una provincia es igual al número de obreros que figuran en el capítulo Minas y Canteras de las estadísticas oficiales, más otros tantos que trabajan en actividades directamente relacionadas con aquéllas.

El cuadro núm. 16 contiene los valores calculados del modo expuesto; sin embargo, como existe una posible duplicidad entre esta deducción y la llevada a cabo al tener en cuenta el epígrafe «obreros diversos» de los datos oficiales, sobre todo cuando la proporción de éstos es grande, por la posibilidad de que una parte de ellos se dedique a actividades relacionadas con la minería, hemos modificado el criterio en los casos en que coinciden esta gran proporción y un número de mineros superior al millar, bien tomando la cifra sencilla en lugar de la doble cuando la deducción hecha por aquel concepto fué superior a la que ahora debería efectuarse, bien tomando una cifra doble, pero restándola del número completo de obreros cuando fué menor que esta última.

b) *La agricultura intensiva.*

En el epígrafe 10 del § 2 indicamos que siendo la industria una actividad económica que aplica el ingenio humano al aprovechamiento de los bienes de la Naturaleza, todo incremento industrial irá acompañado de un perfeccionamiento en la agricultura. En líneas generales, la afirmación recíproca también será cierta, ya que todo progreso material no es más que la consecuencia de un superior estado de cultura técnica que se manifiesta en ambas direcciones; sin embargo, existe un caso especial en que el progreso agrícola puede actuar como retardador del desarrollo industrial; nos referimos a la agricultura explotada en régimen intensivo.

La razón del fenómeno es obvia: sabemos que la aparición del espíritu de empresario está facilitada por la abundancia de materiales disponibles y la posibilidad de obtener un lucro; pero mientras en las explotaciones agrarias normales el margen de productividad por mejoras en el cultivo es relativamente reducido, en los casos en que a la fertilidad natural de la tierra se unen un clima adecuado y la posibilidad de conseguir agua en condiciones económicas la productividad marginal adquiere valores insospechados, del orden, por lo menos, de los que derivan de una industrialización incipiente. Si a ello unimos la mayor comodidad que para el agricultor resulta de mejorar su situación sin necesidad de abandonar la clase de actividades a que se halla acostumbrado, comprenderemos que a pesar del aumento de primeras materias que de una explotación intensiva se deriva sean más bien de esperar retardos en la industrialización.

A tal circunstancia deben atribuirse, con toda seguridad, las desviaciones anómalas de las provincias de Málaga, Granada, Murcia y Valencia, que tanto nos llamaron la atención. En particular, el caso de la última provincia resulta altamente significativo, ya que con una densidad superior a la de Alicante, con una capital que es la tercera de España en importancia y con un puerto de magníficas condiciones, no consigue alcanzar la densidad industrial de ésta. Y es que el espíritu emprendedor del carácter levantino se ha orientado, según las circunstancias del caso, en dos sentidos distintos: hacia la explotación intensiva de la agricultura allí donde las condiciones del suelo le daban un carácter económico preferente, hacia la industria importando las primeras materias de donde fuere allí donde aquella explotación no resultaba posible. Se citó en una ocasión, como ejemplo de la magnífica iniciativa levantina, la implantación en Alcoy de una fábrica de aceitunas rellenas a pesar de no darse en la región el olivo, el pimiento, ni mucho menos la anchoa; a nuestro juicio las magníficas huertas de Murcia y Valencia son exponentes de tan alto valor como el señalado.

La influencia de esta causa se hace incluso visible dentro de una misma provincia: dentro de las dificultades que ofrece hallar ciudades que resultan comparables, en la provincia de Alicante y en la de Murcia se presentan respectivamente 3 y 2 que parecen prestarse a este fin por el valor aproximadamente igual de sus poblaciones: Alcoy y Elche, en la primera, y Cartagena en la última, en agricultura normal, y Orihuela y Mur-

cia respectivamente, ambas en la vega del Segura, en terrenos especialmente adecuados para su explotación intensiva. En la primera se tiene:

	Habitantes	Productores secundarios	Índice de indust.
Elche	46.596	16.707	358
Alcoy	45.792	13.711	299
Orihuela	43.619	1.711	39
y en la segunda:			
Murcia	193.731	10.734	55
Cartagena...	113.468	17.114	151

que demuestran claramente nuestra afirmación.

La traducción en cifras de esta influencia retardatriz de la agricultura intensiva sobre la industrialización es difícil de precisar. En un principio, parece podrían servir de orientación las estadísticas oficiales de clasificación por grupos de cultivo de las superficies agrícolas de cada provincia, pero la que figura como dedicada a árboles frutales comprende variedades que se dan en terrenos pobres y en cuanto a la huerta, la circunstancia de venir Badajoz con una extensión superior a Valencia —17.648 y 13.620 Has. respectivamente— y de que a Lugo se le atribuye una extensión casi veinte veces mayor que a Orense —5.203 Has. y 292 Has.— a pesar de la semejanza de condiciones de ambas provincias, obliga a decidir que cualquiera que sea el criterio seguido para la formación de tal estadística resulta totalmente inaprovechable para nuestro objeto.

En definitiva, ha sido preciso recurrir a una apreciación subjetiva. Tomando como base la importancia relativa que creemos puede atribuirse a la agricultura intensiva en las provincias en que se practica, y atribuyendo como cifra retardatriz de la industrialización en la primera de ellas aquella cuya adición a la del número real de productores secundarios daría un valor próximo al que resultaría del perfecto cumplimiento de las leyes geométricas y demográficas, hemos calculado las siguientes cantidades de productores industriales substituídos:

Valencia	40.000
Murcia	15.000
Alicante	10.000
Málaga	10.000
Granada	10.000
Barcelona	10.000
Castellón	5.000

de las que resultan las siguientes correcciones en los índices de industrialización:

	Reales	Substituídos	Totales	Índice corregido
Valencia	108.453	40.000	148.453	119,4
Murcia	38.711	15.000	53.711	75,9
Alicante	78.078	10.000	88.078	146,4
Barcelona...	429.597	10.000	439.597	230,7
Granada	27.770	10.000	37.770	51,7
Málaga	32.614	10.000	42.614	63,5
Castellón	13.319	5.000	18.319	59,2

17. La demanda del mercado.

Siendo la industria una actividad con fines lucrativos, resulta evidente que la existencia de un mercado para los productos fabricados es condición primordial para la industrialización de un país, ya que sólo la esperanza de obtener una ganancia puede decidir a dedicar capital y esfuerzos para su implantación. Desde luego, no es indispensable que el mercado se halle en una situación de inmediata proximidad al emplazamiento de la industria, sobre todo si dista mucho de la fuente de las primeras materias y los gastos de transporte de éstas, por su volumen o su dificultad de conservación, son superiores a las del producto terminado; sin embargo, aún en estas condiciones y por las razones que vamos a exponer, las industrias tienden a establecerse en regiones donde exista un mercado, aunque éste sea de otros productos.

Ahora, como siempre, la célula fundamental de la vida económica ha sido y es la familia; constituye una comunidad en la que cada uno de sus miembros contribuye, en la medida de sus posibilidades, a la satisfacción de las necesidades totales, y en la que los bienes disponibles se distribuyen equitativamente entre sus miembros de acuerdo con las necesidades de cada uno. Supuesto esto, pueden darse dos casos: que las aportaciones de los miembros sean los precisos para mantener la vida familiar, pero sin sobrantes de ninguna especie, o que exista un excedente en las aportaciones de alguna clase de bienes —dinero, por ejemplo— mientras escasee o falte la de otros elementos precisos para la vida. En el primer caso la familia vivirá en régimen de economía autárquica, en el segundo caso su economía será de cambio, es decir, que le será necesario permutar ciertos bienes que por poseer en exceso le ofrecen poca utilidad por otros cuya carencia les hace tener una utilidad marginal más elevada.

Cuando la mayoría de las familias de una región vive en régimen autárquico, los mercados tienen una vida lánguida; es posible incluso que no hayan logrado superar su estado primitivo de periodicidad para dejar paso a la fundación de núcleos fijos cuyos establecimientos comerciales desempeñen tal función con carácter permanente. Cierto que la industrialización de esa región podría efectuarse a base de la conquista de mercados lejanos, pero siendo la conquista de mercados un arte que exige gran experiencia y la posesión de una suma de conocimientos económicos muy considerable, resulta sumamente improbable que se lancen a ello sus naturales. Debe tenerse, además, muy presente que el concepto mercado lejano no se refiere forzosamente a un gran alejamiento geométrico, en su acepción económica significa más bien gastos elevados de transporte entre el centro productor y el consumidor, que pueden ser debidos a deficiencias en los medios de comunicación, tanto más probables cuanto más dispersa se halle la población.

Pues bien, existe en España una amplia zona, la del NO., en que por la extremada diseminación de su población y el régimen de minifundio en que se halla dividida la propiedad territorial, esta preponderancia de la economía autárquica se da en elevada escala. Cierto que, dentro de límites adecuados, el apego del hombre al terreno constituye una premisa casi necesaria para la explotación racional del suelo y que, en un país de elevada

población primaria como lo es el nuestro, la explotación extensiva no resulta recomendable, pero la posibilidad de una economía de cambio exige en tales condiciones la existencia de un número suficiente de centros comarcales que le sirvan de intermediarios con el mundo exterior y una unidad familiar de explotación agrícola suficientemente grande para que se produzca un excedente con que atender a la adquisición de bienes, cuya obtención directa no resulta posible o económicamente recomendable. En definitiva, de ello resulta que para la existencia de mercados, es decir, para la posibilidad de una industrialización, debe atenderse de un modo primordial a la existencia de núcleos urbanos.

El autor ha podido comprobar esta tesis analizando la distribución local de la escasa industria existente en la provincia de Lugo. En efecto, el número de industrias inscritas en el Registro del Censo Industrial de la provincia, en 1 de enero de 1949, y situadas dentro de los términos municipales de sus diez Ayuntamientos de mayor población absoluta, es:

AYUNTAMIENTOS	Población	N.º de industrias	Habitantes por industria
Lugo...	42.805	252	170
Monforte	21.264	103	206
Villalba...	17.935	35	527
Sarria	15.167	50	303
Chantada	15.127	17	890
Fonsagrada...	14.832	3	4.277
Vivero	13.930	73	191
Saviñao...	12.595	6	2.099
Palas de Rey... ...	12.189	4	3.047
Guitiriz...	11.909	10	1.191

variando entre 170 y 4.277 el número de habitantes por cada industria; en cambio, si referimos la lista a las industrias situadas en los núcleos de población agrupada, resulta para los diez mayores:

AYUNTAMIENTOS	Población	N.º de industrias	Habitantes por industrias
Lugo	21.115	243	87
Monforte	11.168	103	108
Vivero	3.529	34	104
Ribadeo	3.248	30	108
Sarria...	2.916	50	58
Mondoñedo	2.901	21	138
Villalba	2.546	29	88
Chantada...	1.552	13	119
Cillero	1.284	23	56
Foz	1.212	12	101
	51.471	558	

en que aquella relación sólo oscila entre 58 y 138. Regularidad tanto más significativa en cuanto la última lista comprende la mayor parte de las industrias existentes en la provincia, pues frente a las 558 industrias situadas en núcleos con un total de 51.471 habitantes, sólo existen 317 para el resto de los 9.338 habitantes agrupados y la totalidad de los 451.927 dispersos.

Desde luego, no es factible admitir que las únicas economías familiares decisivas para la industrialización de una provincia sean las de la población que vive agrupada, y que el resto permanezca totalmente inoperante; más lógico es suponer que la economía de cambio va disminuyendo a medida que los caseríos se van haciendo más distantes y las comunicaciones más difíciles; también resulta lógico suponer que la influencia de un núcleo urbano se extenderá a un radio tanto mayor cuando mayor sea el número de sus habitantes. Ello nos ha conducido a admitir, para nuestros cálculos, la hipótesis de que la economía de cambio de las regiones que consideramos sea la que corresponde al número de habitantes de sus núcleos urbanos más una cifra igual de otros tantos habitantes ficticios, representativa de la influencia de la población dispersa; el exceso queda totalmente al margen de la industrialización.

En vista de ello, en las provincias de población preponderantemente dispersa, admitiremos para nuestros cálculos una población industrializable igual al doble de la agrupada, tomando, a falta de otros datos, como valor de esta última la que figura como radicante en entidades de más de 100 edificios en los nomenclátores provinciales del Censo de población. En el cuadro número 17 se observa que tal preponderancia sólo se da en las cuatro provincias gallegas y en Asturias; a ellas limitaremos, por tanto, nuestra corrección por este concepto:

PROVINCIAS	Población total	Población agrupada	Población equivalente	Extensión en Km.²	Densidad equivalente
La Coruña	883.090	255.604	511.208	7.903	64,7
Lugo	512.735	60.808	121.606	9.881	12,3
Orense	458.272	101.476	202.952	6.979	29,1
Pontevedra	641.763	172.321	344.642	4.391	78,5
Oviedo	836.642	270.865	541.730	10.895	49,7

18. La composición del mercado.

Supuesta la existencia de un mercado, premisa necesaria de toda industrialización, su composición constituye quizás el elemento de más trascendencia en la posibilidad de su desarrollo; no basta, en efecto, que exista demanda de un producto para que éste pueda fabricarse en el país o la provincia en que la demanda tiene lugar, es preciso, además, que dicha fabricación resulte posible dadas sus exigencias técnico-económicas. Cierto que el capital y la técnica pueden venir del exterior, que podrían señalarse casos concretos en que así ocurre, y que es posible incluso que tal fenómeno constituya una tendencia que va tomando incremento —por ejemplo: fabricación de automóviles con capital y patentes extranjeras—, pero también es cierto que excepto en los contados casos en que las primeras materias han de ser industrializadas sobre el terreno, tal tendencia es consecuencia de medidas restrictivas del comercio exterior, que no suelen darse en el efectuado entre las distintas provincias españolas.

La composición del mercado se halla íntimamente relacionada con la riqueza del país, variando no sólo con su valor absoluto, sino con su distribución entre las diversas clases sociales. Se admite comúnmente que a mayor riqueza más industria, y que la acumulación de riqueza en pocas manos estimula la produc-

ción de bienes de capitalización, mientras que su distribución uniforme favorece la de bienes de consumo, pero estas afirmaciones tan corrientes no poseen en modo alguno un valor absoluto.

En primer lugar, lo que aumenta con la riqueza de un país no es la industria, sino la demanda de productos industriales. En general, ese aumento de la demanda determina otro en la producción, pero si la riqueza del país procede de fuentes no industriales —por ejemplo: la agricultura intensiva o las inversiones en otros países—, el aumento de riqueza puede traducirse en una elevación de las importaciones de tales productos. Además, en los países muy industrializados —véase lo que está ocurriendo en Inglaterra— el aumento industrial puede ser provocado, precisamente, por la necesidad de substituir otras fuentes de ingresos desaparecidas.

Por otra parte, la producción de bienes de capitalización está limitada a su vez por la demanda, y como la finalidad corriente de tales bienes es la de servir a la obtención de bienes de consumo, es indispensable una cierta demanda de estos últimos para que la de los primeros pueda tener lugar. Podría objetarse que cabe la explotación de industrias de aquella clase, simultaneada con la exportación de la maquinaria fabricada a países en que haya producción de bienes de consumo; pero sobre ser ello improbable no resulta a la larga posible por su consecuencia fatal de exagerar cada vez más las desigualdades en la distribución de la riqueza, con la consiguiente disminución en la demanda de bienes de utilidad inmediata.

Las estadísticas norteamericanas demuestran que las familias con rentas escasas se ven obligadas a emplear un gran porcentaje de sus ingresos en la adquisición de alimentos, en cuya obtención la industria tiene una intervención limitada, mientras que las de renta mayor dedican proporciones más elevadas a la adquisición de otros bienes más industrializados. Dado el superior nivel medio de vida en Norteamérica en relación al de España, tal desigualdad se ofrecen en nuestro país de un modo mucho más considerable; la demanda de artículos fabricados, por tanto, dependerá en gran medida de la distribución de la riqueza.

Como un nivel de vida demasiado bajo, vaya o no acompañado de grandes concentraciones de capital, impide la formación de una demanda de productos fabricados suficientemente intensa para determinar la iniciación de la industrialización de una zona, ésta será más probable en las regiones cuyas unidades territoriales de explotación agrícola sean lo suficientemente extensas en relación con su productividad para permitir una vida holgada a sus cultivadores, sin llegar a serlo tanto que obliguen a vivir a gran parte de la población primaria en régimen de asalariado. Recuérdese que de las cinco zonas naturales de industrialización, cuya existencia se comprobó en el capítulo primero al estudiar las regularidades geométricas en la distribución industrial, Andalucía —en régimen de latifundio— y Galicia —donde domina el minifundio— son las que presentan un desarrollo más atrasado.

La traducción en cifras del influjo de la forma de distribución de la riqueza en la industrialización de las provincias españolas, es una labor sumamente compleja para la que no se dispone de datos estadísticos, posibles únicamente en los países cuyos sistemas fiscales están basados en el impuesto sobre la renta. En cambio, resulta perfectamente posible hallar su reflejo de un modo indirecto mediante la consideración de la división administrativa en términos municipales.

El cuadro núm. 18, que expresa el número total de municipios de cada provincia, su clasificación en grupos según el número de sus habitantes y su extensión superficial media nos enseña:

1.º Existe una gran diferencia en la extensión media de los municipios de cada provincia; los valores mayores corresponden generalmente a zonas de latifundio o de minifundio; así Ciudad Real, 201,44 Km²; Córdoba, 182,91; Cádiz, 174,35; Albacete, 172,81; Sevilla, 137,35; Badajoz, 133,66, entre las primeras, y Lugo, 147,48 Km²; Oviedo, 139,68; Coruña, 84,07; Orense, 74.24; Pontevedra, 68.61, entre las segundas. Los valores pequeños corresponden a zonas de propiedad intermedia: Gerona, 23,45; Barcelona, 24,77; Segovia, 25,18; Vascongadas, 25,43; Burgos, 28,38; Logroño, 29,08.

2.º La distribución de los municipios entre los diversos grupos ofrecen tres tipos:

a) Provincias con una gran preponderancia de los municipios menores de 1.000 habitantes. Comprende, en general, la meseta Norte hasta la línea del Tajo; tienen más de un 75 %: Ávila, con 213 de 268; Burgos, con 441 de 505; Guadalajara, con 377 de 406; Huesca, con 308 de 355; Lérida, con 246 de 320; Palencia, con 210 de 249; Salamanca, con 301 de 386; Segovia, con 242 de 276; Soria, con 327 de 347, y Teruel, con 219 de 282.

b) Provincias con preponderancia de municipios de más de 2.000 habitantes. Corresponden, en general, a las regiones S. y NO.; tienen más de la mitad con 5.000 o más habitantes: Cádiz, con 26 de 42; Córdoba, con 41 de 75; Coruña, con 72 de 94; Lugo, con 44 de 67; Murcia, con 26 de 42; Oviedo, con 42 de 78; Pontevedra, con 47 de 64.

c) Provincias con una distribución equilibrada entre las distintas categorías de municipios; sus ejemplos más característicos son Alicante, Barcelona y Vascongadas, para las que se tiene:

	Hasta 500 hab.	501 a 1.000	1.001 a 2.000	2.001 a 5.000	Más de 5.000	Total	Extensión media en Km.²
Alicante	20	31	33	30	26	140	41,88
Barcelona	69	77	75	56	34	311	24,77
Vascongadas	69	61	74	42	34	280	25,43
o expresado en tantos por ciento							
Alicante	14,3	22,2	23,6	21,4	18,5	100,0	
Barcelona	22,2	24,8	24,1	18,0	10,9	100,0	
Vascongadas... ...	24,6	21,8	26,4	15,0	12,2	100,0	

Este último resultado es realmente notable: estas tres provincias son los focos principales de industrialización de la nación (1). Sin embargo, ello debió haberse esperado, puesto que la distribución en grupos de los términos municipales de una provincia se halla profundamente influída por sus circunstancias económicas.

Sabemos que las condiciones óptimas para la industrialización se dan en provincias con unidades agrícolas de extensión me-

(1) Además, las tres ofrecen pequeñas superficies medias de sus términos municipales.

dia; ello requiere a la vez cierta dispersión de la población sobre el terreno para cuidar directamente las explotaciones y la existencia de núcleos comarcales suficientemente abundantes para poner en comunicación la población agrícola con sus mercados; como consecuencia de la industrialización se crean, por último, concentraciones urbanas en número bastante elevado. Los productores primarios de las zonas rurales de estas provincias, a diferencia de las que viven en régimen de minifundio, poseen además suficiente fortaleza económica y espíritu de relación para agruparse en términos municipales independientes de las villas, y de extensión limitada para conseguir un conocimiento directo de los problemas vecinales.

La coincidencia de una gran extensión superficial y un elevado número de habitantes que se da en los términos municipales en las zonas de latifundio o minifundio de industrialización retardada es fácil de explicar: en las primeras, porque viviendo la gran mayoría de sus habitantes en régimen de asalariado, necesitan ofrecer sus brazos en un mercado de trabajo suficientemente amplio; en las segundas, porque su situación económica no les permite sufragar los gastos de una división administrativa más completa; en estas últimas, además, el régimen de autosuficiencia en que viven sus habitantes no deja margen para el

CUADRO N.º 16

PROVINCIAS	Product. secund.	Id de minas y canteras	Id. descontados	Product. comput.	Índices corregidos
Barcelona	444.649	7.526	15.052	429.507	225,4
Madrid	156.692	1.211	2.422	154.270	101.0
Pontevedra... ...	68.628	107	214	38.414	60.6
Vascongadas... ...	139.261	9.405	18.810	120.451	127,8
Valencia	109.003	284	568	108.435	87.2
Coruña	50.498	590	1.180	49.318	57,0
Alicante	81.576	1.749	3.498	78.078	129,8
Málaga	34.260	823	1.646	32.614	48,7
Cádiz	43.784	624	1.248	42.536	73,4
Baleares	43.623	1.113	2.226	41.397	106.2
Oviedo	97.847	31.297	62.594	40.414	48,8
Santander	53.764	3.091	6.182	32.432	82.9
Sevilla	75.853	5.831	5.831	70.022	73.7
Orense	10.972	623	1.246	9.726	21.4
Murcia	45.137	3.213	6.426	38.711	54,7
Granada	28.604	417	834	27.770	38,0
Jaén	36.903	4.281	4.281	32.622	43,4
Córdoba	44.605	1.912	1.912	42.693	56,6
Tarragona	26.666	500	1,000	25.666	76,5
Gerona	40.605	455	910	39.695	127,3
Lugo	9.660	70	140	9.520	18,7
Castellón	13.469	75	150	13.319	43,0
Logroño	16.634	43	86	16.548	76,4
Almería...	16.055	1.938	1.938	14.117	39,6
Valladolid	20.538	146	292	20.246	61,9
Huelva	25.394	4.160	4.160	21.234	57,3
Navarra	25.671	259	518	25.153	69,4
Zaragoza...	55.893	916	1.832	54.061	92,5
Badajoz...	30.448	674	1.348	29.100	39,4
León...	20.965	5.737	5.737	15.228	31,0
Salamanca	15.988	160	320	15.668	40,8
Toledo	11,957	115	230	11.727	24,6
Ávila	5.608	304	608	5.000	21,4
Zamora	8.863	73	146	8.717	29,7
Palencia...	13.951	1.939	1.939	12.012	55,6
Segovia	9.088	45	90	8.998	48,4
Ciudad Real.. ...	28.240	6.769	13.538	14.702	27,9
Burgos	17.528	181	362	17.166	46,5
Cáceres	16.898	265	530	16.368	32,3
Albacete...	15.462	250	500	14.962	40,3
Lérida	18.028	509	1.018	17.010	58,1
Cuenca	9.841	55	110	9.731	29,3
Guadalajara... ...	4.619	20	40	4.579	22,7
Teruel	6.784	1.260	2.520	4.264	18,5
Soria	3.426	15	30	3.396	21,4
Huesca	10.424	157	314	10.110	44,6

CUADRO N.º 17

PROVINCIAS	Población dispersa	Población agrupada
Álava	50.843	62.033
Albacete	59.651	314.821
Alicante	85.694	521.868
Almería	96.938	262.792
Ávila	53.492	181.179
Badajoz	40.452	702.095
Baleares	38.218	369.279
Barcelona	157.449	1.774.426
Burgos	152.296	226.284
Cáceres	49.378	461.999
Cádiz	71.388	529.052
Castellón de la Plana	86.847	225.628
Ciudad Real	31.048	499.260
Córdoba	96.360	664.790
La Coruña	627.486	255.604
Cuenca	42.131	291.204
Gerona	120.510	201.850
Granada	118.229	619.461
Guadalajara	56.290	149.436
Guipúzcoa	109.735	222.018
Huelva	30.679	335.847
Huesca	87.725	143.922
Jaén	96.212	657.096
León	217.840	275.418
Lérida	81.298	216.142
Logroño	29.516	191.644
Lugo	451.927	60.808
Madrid	39.958	1.539.835
Málaga	98.428	579.046
Murcia	154.902	564.799
Navarra	123.362	246.256
Orense	256.796	101.476
Oviedo	565.777	270.865
Palencia	70.354	146.754
Las Palmas	72.497	248.027
Pontevedra	469.442	172.321
Salamanca	57.245	333.223
Santa Cruz de Tenerife	153.401	206.369
Santander	141.286	252.424
Segovia	54.309	134.881
Sevilla	61.765	901.279
Soria	70.973	88.851
Tarragona	32.625	306.674
Teruel	41.229	190.835
Toledo	22.391	457.617
Valencia	63.062	1.193.571
Valladolid	25.158	307.368
Vizcaya	164.397	346.738
Zamora	62.249	236.473
Zaragoza	38.429	556.666
Posesiones del Norte de África ...	2.667	135.269
Totales	6.082.334	19.933.573

CUADRO N.º 18

PROVINCIAS	Hasta 500 hab.	501 a 1.000 hab.	1.001 a 2 000 hab.	2.001 a 5 000 hab.	5.001 a 10.000 hab.	Más de 10 000 hab.	Total	Extensión media en Km.²
Albacete	3	7	23	38	9	6	86	172,81
Alicante	20	31	33	30	15	11	140	41,88
Almería	7	22	28	32	7	7	103	85,18
Ávila	114	99	35	17	2	1	268	30,03
Badajoz	5	15	34	65	27	16	162	133,66
Baleares	1	4	10	28	13	9	65	77,14
Barcelona	69	77	75	56	20	14	311	24,77
Burgos	332	109	41	19	2	2	505	28,38
Cáceres	19	44	82	61	13	5	224	89,02
Cádiz	0	1	3	12	7	19	42	174,35
Castellón	33	36	29	32	8	3	141	47,37
Ciudad Real	3	8	27	29	19	12	98	201,44
Córdoba	0	3	6	25	20	21	75	182,91
Coruña	0	0	1	21	51	21	94	84,07
Cuenca	100	90	63	35	2	1	291	58,63
Gerona	92	80	45	24	7	3	251	23,45
Granada	15	42	61	55	17	11	201	62,34
Guadalajara	304	73	21	7	0	1	406	30,04
Huelva	3	10	12	30	17	6	78	129,29
Huesca	238	70	33	10	3	1	355	44,17
Jaén	0	3	10	41	26	21	101	133,58
León	7	52	86	84	3	3	235	65,43
Lérida	149	97	51	20	2	1	320	37,69
Logroño	87	44	33	12	4	2	182	29,08
Lugo	0	0	2	21	30	14	67	147,48
Madrid	61	60	34	23	8	10	196	40,83
Málaga	2	13	20	39	18	9	101	72,13
Murcia	0	0	6	10	8	18	42	269,45
Navarra	103	66	49	42	3	3	266	39,18
Orense	0	0	6	55	32	1	94	74,24
Oviedo	0	2	11	23	19	23	78	139,68
Palencia	134	76	21	15	2	1	249	32,20
Pontevedra	0	1	1	15	30	17	64	68,61
Salamanca	146	155	68	14	0	3	386	31,90
Santander	3	12	23	53	6	5	102	51,89
Segovia	162	80	27	5	1	1	276	25,18
Sevilla	1	4	13	41	23	20	102	137.35
Soria	265	62	13	6	0	1	347	29,69
Tarragona	48	60	39	26	5	4	182	34,52
Teruel	142	77	44	17	1	1	282	52,47
Toledo	22	46	63	58	14	3	206	74,49
Valencia	27	47	78	72	21	19	264	40,77
Valladolid	86	88	43	16	0	2	235	35,51
Vascongadas	69	61	74	42	20	14	280	25,43
Zamora	95	126	73	10	2	1	307	34,50
Zaragoza	97	103	66	30	6	3	305	56,17

desarrollo de un espíritu comunitario. En cuanto a las provincias comprendidas en el grupo 2.º *a*), es decir, con un elevado número de municipios de reducido número de habitantes, y que corresponden, en general, a zonas de propiedad repartida, su industrialización depende en gran parte de que las unidades normales de explotación agrícola ofrezcan una producción suficientemente elevada para que sus excedentes permitan una intensa economía de cambio y el desarrollo de los centros comarcales.

19. La comprobación de los resultados obtenidos.

Si volvemos la vista hacia la labor efectuada, veremos que en la búsqueda de los factores que intervienen en la distribución de la industrialización española hemos llegado a los siguientes resultados:

En el § 1 descubrimos que aquélla tendía a concentrarse en puntos simétricamente situados sobre el litoral de la Península y desde los cuales se difundiría hacia las provincias limítrofes; en el interior existían tres núcleos, coincidentes con los centros de comunicaciones, sin influencia apreciable sobre su contorno. Descubrimos a la vez dos líneas generales de decrecimiento: una NE.-SO., y otra desde el litoral hacia el interior.

En el § 2 dedujimos la ley demográfica de la industrialización española, que nos dice que, a igualdad de las demás circunstancias, la industrialización tiende a variar en el mismo sentido que la densidad.

En el § 4, y después del análisis de las desviaciones efectuado en el § 3, comprobamos la existencia de las siguientes influencias: la industrialización se halla favorecida por la minería y obstaculizada por la explotación intensiva del suelo; ignora la existencia de la población dispersa y halla un clima adecuado en una justa distribución de la riqueza; para la mayoría de las cuales admitimos, además, criterios aproximados de corrección.

No tanto para comprobar la validez de esos criterios, adoptados mediante consideraciones puramente subjetivas, como para tratar de descubrir la existencia de algún otro factor que pudo haber quedado oculto en las investigaciones de los capítulos anteriores, repetiremos ahora el cálculo del coeficiente de correlación y de las desviaciones, tomando como base los datos corregidos.

En el cuadro núm. 19 se ha calculado el nuevo coeficiente de correlación, que resulta ser de

$$\therefore\ r = 0{,}8418 \pm 0{,}0291,$$

y que significa no sólo un avance muy significativo en relación con el de 0,7544 ± 0,0420 deducido en § 2, sino un valor absoluto muy notable si se tiene en cuenta que no se intentó compensar la influencia de todos los factores por la dificultad que alguno de ellos, por ejemplo, los de carácter geométrico, ofrecen para dicho objeto.

Ello nos hace prever que las desviaciones nos mostrarán, en primer lugar, el influjo de los factores del último tipo. Para comprobarlo hemos repetido en el cuadro núm. 20 y figura número 17 el cálculo de la función exponencial compensadora para la que hemos obtenido:

$$y = 0{,}523 \quad x^{0{,}735}$$

con un exponente —0,735— bastante superior al 0,552 de la

$$y = 0{,}834 \ x^{0{,}552}$$

deducida en el § 3; hemos de esperar, por lo tanto, que para valores grandes de las densidades la adecuación de los valores calculados a los reales será más imperfecta que antes (1).

Los cuadros núms. 21 y 22, y el mapa de la figura núm. 18, que expresa las desviaciones finales de las diversas provincias, nos demuestran el acierto de las suposiciones efectuadas: las desviaciones superiores al 50 % corresponden sin excepción a la zona NE., fronteriza con Francia; las provincias muy pobladas presentan desviaciones inferiores a las que eran de suponer; se señala un foco levantino y otro andaluz. Además nos hacen ver la existencia de dos hechos notables: 1.º, el foco gallego —La Coruña— sigue con una desviación negativa bastante grande, lo que puede significar que la hipótesis de una población operante a los fines de la industrialización igual al doble de la agrupada es excesiva, por lo menos en las provincias, como La Coruña y Pontevedra, en que existen grandes núcleos de población: La Coruña, El Ferrol del Caudillo, Santiago, Vigo; 2.º, los centros de comunicaciones del interior ejercen escasa influencia sobre las desviaciones, que se agrupan preferentemente alrededor de los focos del litoral (1).

Resulta también interesante comprobar la persistencia en la baja dispersión de la provincia de Málaga.

(1) Esta falta de adecuación, que a primera vista parece ser opuesta al aumento obtenido en el coeficiente de correlación, viene por lo contrario a confirmarlo, pues ya sabemos que el coeficiente 1 significa correlación perfecta, pero sin dar la menor indicación sobre el tipo de función, y tenemos motivos para saber que la compensación exponencial ha de dar valores teóricos excesivos para las densidades grandes.

(1) Este resultado se podría esperar, pues ya sabemos que los núcleos interiores de industrialización no poseen poder expansivo de ninguna clase.

20. Aplicación a un caso particular.

Apliquemos ahora, como comprobación experimental, los conocimientos adquiridos al análisis de la industrialización de la provincia de Oviedo, que tantas características peculiares presenta. El primer problema que se destaca es el de precisar el verdadero grado alcanzado por su desarrollo industrial, ya que mientras por el número de sus productores secundarios, así como por su densidad industrial y la desviación primeramente obtenida acusa todos los síntomas de un verdadero foco de industrialización, la corrección llevada a cabo en virtud de la influencia que en la misma consideramos ser debida a la minería, ha modificado aquellas cifras en magnitud suficiente para reintegrarla al lugar que le corresponde según la ley geométrica de distribución. Y ahora se ocurre preguntar, ¿las modificaciones efectuadas poseen un fundamento real, o fueron inspiradas por un deseo inconsciente de dar satisfacción a aquella ley?, cuestión que, para su mejor esclarecimiento, expondremos en una forma más categórica: la industrialización alcanzada por la provincia de Oviedo ¿es superior a lo que cabría esperar normalmente dadas sus circunstancias?, primera tesis, o ¿es inferior a ella de acuerdo con nuestros resultados?

Redactado de esta manera el dilema tiene una solución inmediata que expondremos con las mismas palabras empleadas por el Ingeniero Jefe de la Delegación de Industria de Oviedo, don Joaquín Cores Masaveu, en el prólogo de su estudio sobre el momento actual de la industria en la provincia de Oviedo, de reciente publicación (2):

«Siendo Asturias la primera provincia de España productora de carbón, ocupando el segundo lugar como siderúrgica, hallándose instalada en ella la única factoría de España productora de cinc, otra importante productora de cobre y sus aleaciones latón y bronce, y disponiendo en subsuelo de yacimientos de manganeso, antimonio y otros metales» —a lo que añadimos nosotros que dispone también de energía eléctrica barata y abundante, llegando a ser provincia exportadora de ella—, «tiene forzosamente que llamar la atención el poco desarrollo que en la misma ha adquirido la fabricación de artículos manufacturados de hierro, acero, cobre, cinc y de sus derivados y aleaciones». Y sigue diciendo: «Rama industrial ésta de tan extensa gama... al disponer de las primeras materias, a pie de obra podría adquirir gran auge y ser una importante fuerza de riqueza, no sólo por su propia actividad, sino como complementaria y auxiliar, además de servir como acicate de la gran industria metalúrgica, siderúrgica y minera, pues podrían éstas colocar una buena parte de sus productos, sin los consiguientes gastos de transporte.»

(2) *Momento actual de la industria en España*, 1947, provincias de Oviedo y Santander; Publicaciones del Consejo de Industria, pág. 9.

Nuestras investigaciones han servido, por tanto, para descubrir el fenómeno que tanta extrañeza produce al eminente Ingeniero: la causa de que las industrias que cita no hayan alcanzado el desarrollo esperado, no es otra que la de corresponder la provincia de Oviedo a una zona de depresión según la ley geométrica de distribución, ley que ha tenido más fuerza para situar tales industrias en las Vascongadas que la propia abundancia de materias primas.

Pasemos ahora al problema de la distribución interior de la industria en la misma provincia. En Asturias salta a la vista la existencia de tres zonas de muy distintas características y perfectamente delimitadas: una central, eminentemente minera, formada por los partidos judiciales de Avilés, Gijón, Laviana, Lena, Mieres, Oviedo y Siero, con una extensión de 2.872 kilómetros cuadrados, una población total de 485.522 habitantes, de los cuales 200.758 viven en núcleos de más de 100 edificaciones, y una densidad de 169,6 habitantes por Km^2, y dos extremas, de carácter agrícola y ganadero, de las cuales la oriental tiene 2.488 Km^2, 124.851 habitantes —de ellos 29.632 agrupados— y una densidad de 50,2, y la occidental, 5.535 Km^2, 226.269 habitantes —40.475 agrupados— y 40,9 de densidad.

El número de productores secundarios de cada zona es imposible de calcular exactamente por no figurar en las estadísticas oficiales más datos que los correspondientes a Ayuntamientos de población superior a 20.000 habitantes; sin embargo, la circunstancia de que los términos municipales suelan ser en Asturias muy extensos, nos permite una indicación aproximada de su valor, por existir 11 de ellos con la cifra requerida: 6 en la zona central, 2 en la oriental y 3 en la occidental, aproximadamente en la misma relación que los números respectivos de sus habitantes. Para nuestros cálculos admitiremos que tales Ayuntamientos son típicos, es decir, que sus industrializaciones son análogas a las del resto de la zona.

En la zona central existen:

	Habitantes	Productores secundarios	°/oo	Población agrupada	Minas y canteras
Oviedo...	82.548	13.078		57.469	309
Aller	23.600	3.936		9.716	3.197
Gijón	101.341	12.195		79.269	161
Langreo	43.797	11.866		15.769	6.718
Mieres...	51.967	10.317		11.865	7.321
Siero	30.931	3.493		12.841	2.337
	334.184	54.885	164,2	186.929	20.043
En la zona oriental:					
Llanes...	20.420	867		11.677	19
Villaviciosa. ...	22.029	682		5.120	1
	42.449	1.549	36,5	16.797	20
Y en la occidental:					
Cangas de Narcea...	21.296	390		2.760	18
Luarca...	25.200	314		9.619	0
Tineo	21.338	182		2.566	33
	67.834	886	13,1	14.945	51

Si calculamos los índices teóricos correspondientes a las densidades reales de las tres zonas, tendremos aplicando la fórmula deducida en § 3:

$$y = 0{,}552\ x + 0{,}834,$$

obtendremos:

	Densidad real	Logaritmo = x	y	Índice teórico	Índice real	Desviación	°/o
Central	169,6	2,229	2,065	116,1	164,2	48,1	41,4
Oriental... ...	50,2	1,701	1,773	59,3	36,5	—22,8	—38,3
Occidental ...	40,9	1,612	1,724	53,0	13,1	—39,9	—75,5

resultados que muestran una gran disconformidad con la ley geométrica, ya que por la situación intermedia de Asturias entre los focos de Vizcaya —muy intenso— y Coruña —muy débil— era de prever una disminución en las desviaciones (1) de Este a Oeste.

Corrijamos los datos del modo expuesto en el capítulo anterior. La densidad de cada una de las zonas, al no tener en cuenta más que el doble de la población agrupada, se reduce a 139,8, 23,8 y 14,6 para las zonas central, oriental y occidental respectivamente; el número de habitantes de los Ayuntamientos considerados permanece invariable en la central por ser el número de los agrupados superior a la mitad del total, pero se reduce a 33.594 en la oriental y a 29.890 en la occidental; y el de obreros después de deducidos el doble del número de mineros a 14.799, 1.509 y 784, con lo que los índices de industrialización se convierten en 44,3, 44,9 y 26,2 respectivamente. Repitiendo los cálculos, haciendo uso ahora de la fórmula $y = 0{,}735\ x + 0{,}523$, hallamos:

	Densidad computada	Logaritmo — x	y	Índice teórico corregido	Índice real corregido	Desviación	°/o
Central	139,8	2,146	2,096	124,8	44,3	—80,5	—64,2
Oriental... ...	23,8	1,377	1,535	34,3	44,9	10,6	23,6
Occidental ...	14,6	1,164	1,379	23,9	26,2	2,3	8,4

que tampoco se halla de acuerdo con la ley geométrica de distribución. Pero en realidad debimos esperar que ocurriera así; en efecto:

En la zona central hemos incurrido en una contradicción manifiesta al descartar del número de obreros el debido al desarrollo de la minería y computar, en cambio, todos sus habitantes como si el número de éstos no estuviera influído también enormemente por aquella causa. Si descontamos del total de habitantes de la zona una cantidad proporcional a la que resulta de deducir de los 6 Ayuntamientos considerados, aquéllos cuya importancia se deba en primer término a la minería por constituir el número de mineros más del 50 % del total de productores secundarios, tendremos:

(1) Recuérdese lo indicado en 14 respecto al lenguaje empleado para las desviaciones.

Densidad que debió haberse computado = Densidad computada (139,8) $\times \dfrac{\text{habitantes de los núclos no mineros (183.889)}}{\text{habitantes de los núcleos de la zona (334.184)}}$ = 76,9; Indice real corregido que debió haberse computado = $\dfrac{14.799 \times 1.000}{183.889}$ = 80,5, y las cifras para la zona central deben ser substituído por 76,9, 1,886, 1,909, 81,1, 76,9, —4,2 —5,5 %, con las que ocupará su lugar adecuado entre las zonas extremas si tenemos también en cuenta que, dada la mayor riqueza media del labrador asturiano con relación al gallego y la mayor facilidad de comunicaciones de que dispone, el coeficiente dos que aceptamos como multiplicador del número de habitantes agrupados para tener en cuenta la influencia en la industria de los habitantes dispersos debería ser aumentado sensiblemente en las zonas extremas, con lo que sus desviaciones se reducirían a valores intermedios entre los hallados por los dos procedimientos.

Hemos podido comprobar, por tanto, que la ley geométrica se cumple con tanta rigurosidad que los mismos casos de aparente incumplimiento que se presentan nos sirven para señalar errores en los coeficientes de corrección admitidos para contrarrestar la influencia de otros factores.

21. *CONCLUSIONES*

Rigurosamente hablando, la única conclusión que de todo lo expuesto se deduce, podría resumirse en una afirmación de carácter absoluto: la necesidad de tener en cuenta en todos los planes de industrialización que se redacten en lo sucesivo la existencia de los factores que hemos determinado, ya que siendo aquéllos una realidad científicamente comprobada, la persistencia en su desconocimiento no acarrearía en modo alguno su desaparición, sino la reducción o anulación de los beneficios que sería posible obtener si en la confección de los planes se procediera de acuerdo con sus indicaciones. No queremos indicar con ello la obligatoriedad de una sumisión ciega a sus exigencias como si de hechos inmutable se tratara, puesto que las deducciones realizadas han sido hechas a base de los datos de 1940, fecha final de una época de predominio del individualismo económico, y nada puede obligarnos *a priori* a admitir su inmutalidad en un régimen de economía predominantemente dirigida (1); pero sí debe afirmarse que poseen suficiente relevancia para llamar la atención sobre su existencia con objeto de poder aprovecharnos de sus repercusiones favorables y combatir con pleno conocimiento de causa las que resulten poco convenientes.

En realidad, pues, la labor efectuada en esta monografía no debería tener otra misión que la de servir de prolegómeno a todo plan que se proponga seriamente conseguir el mayor desarrollo posible de la economía nacional, plan cuya confección excede a los propósitos y a los medios de que dispone el autor; no obstante, nos permitiremos señalar algunas conclusiones, cuya evidencia resalta lo suficiente para que su observancia se imponga cualquiera que sea el plan que, en definitiva, se adopte:

a) RESPECTO A LA RECOLECCIÓN DE DATOS ESTADÍSTICOS

Dada la importancia creciente que la clasificación por clases de actividades ofrece para los estudios de carácter económico, sería de desear la corrección de ciertos fallos o deficiencias que presentan las estadísticas de que actualmente se dispone. Ya hemos citado el problema creado por el epígrafe de las industrias «diversas» y no cabe duda que, cualquiera que sea el acierto con que lo hayamos abordado, habría sido más provechoso no haber tenido necesidad de recurrir a ello, máxime si se tiene en cuenta que una rigurosa unidad de criterio y cuidadosa labor de selección de las fichas familiares podría dejar reducido el problema a sus justos términos; desde luego sería preferible reducir el número de los 129 epígrafes clasificatorios —quizás hasta dejarlo reducido a sus 27 capítulos generales— a cambio de una mayor precisión en los resultados.

Siendo la industrialización un fenómeno que se da con preferencia en los núcleos urbanos, el criterio adoptado en la exposición de los datos estadísticos, que la limitan a los Ayuntamientos de población superior a 20.000 habitantes, no parece tampoco el más adecuado para servir de base a estudios económico-estadísticos: por una parte es excesivamente prolijo al detallar la clasificación profesional de municipios rurales cuyo mayor núcleo de población es a veces insignificante, por otro demasiado restringido al no suministrarnos datos de núcleos de población inferiores a aquella cifra, pero de un carácter eminentemente industrial, y siempre imperfecto al no darnos a conocer la proporción en que las profesiones se hallan distribuídas entre el casco y el extrarradio, de tanta importancia en los numerosos casos en que los términos municipales comprenden junto con el núcleo urbano una amplia zona rural.

En definitiva, creemos que la solución podría consistir en la reducción ya apuntada de epígrafes, cuyo detalle, por otra parte, es inútil si no consta la certeza de los datos, junto con una ampliación de los casos concretos publicados; un criterio útil, a nuestro juicio, sería la presentación de los datos por partidos judiciales, seguida a continuación por la de aquellos núcleos del partido con una cantidad de productores secundarios superior a una determinada cifra. Dado que el taller o la fábrica constituye el elemento fijo de la industrialización, mientras que los obreros pueden residir en zonas más o menos alejadas cabría también estudiar la posibilidad de que los datos publicados se refirieran al número de obreros ocupados en los talleres o fábricas de cada núcleo.

b) RESPECTO A LA AMPLIACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

No debe olvidarse que los resultados obtenidos se refieren a la situación de hecho en un momento determinado, el 31 de diciembre de 1940, ni tampoco que los factores hallados no constituyan necesariamente causas primarias de la industrialización, sino que con relación por lo menos a algunos de ellos más bien cabe esperar que se trate de fenómenos conexos derivados de causas últimas ocultas, cuya existencia interese descubrir; así, por ejemplo, una desviación positiva entre las indus-

(1) Conviene recordar, sin embargo, que tampoco hemos hallado ningún indicio que nos obligue a no admitirla.

trializaciones real y teórica de una provincia determinada por la proximidad de un foco, puede tener orígenes muy distintos: un aumento en su industria por la influencia expansiva del foco, una disminución anormal en el número de sus habitantes debida al poder absorbente de aquél o una combinación de ambos. Por nuestra parte creemos que la labor a efectuar en este sentido podría orientarse en tres direcciones:

1. Un estudio minucioso de los factores modificativos de la industrialización estudiados en el § 4, con objeto de conseguir una mayor aproximación en los módulos de corrección utilizados, forzosamente imperfectos por la necesidad de basarlos en consideraciones subjetivas.

2. La realización de estudios análogos al actual referidos a los censos de los últimos decenios, con objeto de investigar las tendencias temporales de los factores considerados y prever el sentido en que actuarían espontáneamente en el próximo futuro.

3. La investigación sistemática de las dos influencias, expansiva y absorbente, que ejerce todo foco de industrialización sobre sus zonas inmediatas; la última podría estudiarse, por ejemplo, tomando como base los datos referentes al número de residentes en el foco oriundos de otras poblaciones de su provincia y de las demás provincias.

c) RESPECTO A UN PLAN DE COMUNICACIONES

Habrá parecido anómalo a algún lector que en el estudio de los factores determinativos de la distribución industrial española no hayamos aludido más que una vez, y de un modo muy ligero, a la influencia ejercida por los medios de comunicación; tal omisión, sin embargo, no fué debida a olvido involuntario, sino que obedece al criterio indicado en la introducción de no exponer más resultados que aquellos cuya validez ha sido comprobada experimentalmente.

Es cierto que las buenas comunicaciones abundan más en las zonas industrializadas, pero en la mayoría de los casos ello debe considerarse como un efecto y no como una causa de su desarrollo industrial, ya que el establecimiento de una línea de ferrocarriles, por ejemplo, supone un orden de actividades muy análogas al de una industria en sentido estricto. En líneas generales puede afirmarse que si la existencia de una buena red de comunicaciones es premisa necesaria para el desarrollo de una industria potente, no sólo no es suficiente, sino que en ciertos casos puede incluso llegar a ser perjudicial.

Si la existencia de una buena red de comunicaciones fuera suficiente para influir favorablemente en la industrialización de una provincia, no se comprendería que la de Soria, cruzada por cuatro líneas férreas de ancho normal: Madrid-Barcelona, Madrid-Pamplona, Valladolid-Ariza y Santander-Mediterráneo, y con un número de kilómetros de línea por mil habitantes, quizás el más elevado de España, tuviera un desarrollo industrial tan poco acusado, del mismo valor que su contigua Guadalajara, tan pobremente surtida de ellas, como tampoco se comprendería que de todas las provincias lindantes con la de Madrid, Segovia sea la de mejor desviación, a pesar de estar tan mal dotada de comunicaciones ferroviarias. Si la posesión de un buen puerto fuera por sí solo circunstancia favorable, no se comprendería que la provincia de Valencia hubiera de ceder a la de Alicante su prioridad en la industrialización levantina a pesar de la superior importancia del primer puerto, ni que las de Málaga, Almería y Pontevedra presentaran unas desviaciones negativas tan grandes con los magníficos puertos de que disponen.

En realidad, el influjo de una red de comunicaciones puede cristalizar en tres direcciones muy distintas:

a) Precipitar el desarrollo industrial, obrando como catalizador, en las zonas próximas a los focos industriales expansivos, y dirigir sus irradiaciones en los sentidos por ella determinados. Nótese, por ejemplo, en la figura 18 el derrame de la industrialización NE. sobre la meseta castellana por la influencia de los ferrocarriles Madrid-Irún y Bilbao-La Robla.

b) Resultar totalmente inoperante cuando se da en zonas alejadas de los focos y centros de industrialización, como en alguno de los casos antes citados.

c) Obrar como agente retardador en las zonas próximas a centros de industrialización de carácter absorbente, así se explica que las provincias de Toledo y Avila, sin duda las que mejores comunicaciones disponen con la capital, presenten las desviaciones negativas más grandes de toda España.

La referencia a un plan de comunicaciones que en este capítulo de conclusiones hemos creído necesario efectuar, tiene un origen muy distinto, a saber: los estudios sobre comercio exterior demuestran de una forma terminante que las naciones industrializadas mantienen entre sí relaciones comerciales muy superiores por habitante, a las que sostienen con los países de desarrollo industrial atrasado; y aunque faltan en este sentido estadísticas de comercio interior que permitan comprobarlo, es opinión común que las mismas circunstancias producen análogos resultados entre las diversas regiones de un mismo país. Y como las relaciones comerciales exigen comunicaciones adecuadas, nada puede resultar tan perjudicial a la economía industrial de un país como la falta de comunicaciones eficientes entre sus grandes focos de industrialización, con el subsiguiente aumento en los gastos de transporte de los intercambios que entre ellos se efectúan.

Deducida la existencia en España de cinco focos periféricos de industrialización, la más elemental consideración aconseja orientar su red de comunicaciones de modo a conseguir el más íntimo contacto posible entre ellos. Desgraciadamente, la realidad es muy distinta: orientada su política ferroviaria en un sentido radial, las comunicaciones entre aquellos focos son en algunos casos tan deficientes que resulta preferible dar un rodeo por Madrid. En particular deben destacarse tres fallos fundamentales que afectan precisamente a los focos menos desarrollados: una comunicación Levante-Suroeste que podría seguir el itinerario Valencia-Alicante-Granada-Sevilla (1); otra Suroeste-Norte, por Mérida-Cáceres-Plasencia-Salamanca-Medina del Campo, a enlazar en Salamanca con la futura línea Madrid-Zamora-Orense-La Coruña, que tan beneficiosa ha de resultar para la industria gallega, y una última Noroeste-Norte, que, partiendo de Lugo, uniera La Coruña y Vigo con Oviedo, Santander, Bilbao y San

(1) A esta falta de enlace de Andalucía con Levante, que desvía hacia las líneas generales de Madrid el tráfico entre ambos focos de industrialización, deberá atribuirse seguramente la baja desviación que presenta la provincia de Málaga a través de la cual debería efectuarse.

CUADRO NUM. 19

PROVINCIAS	Densidades	$x = d - 53{,}7$	x^2	Indices	$y = i - 62{,}4$	y^2	$x\,y$
Barcelona	247,3	+ 193,6	37.481	230,7	+ 168,3	28.325	+ 5.296
Madrid	190,9	137,2	18.824	101,0	+ 38,6	1.490	+ 32.583
Vascongadas	132,2	78,5	6.162	147,9	+ 85,5	7.310	+ 6.712
Valencia	115,5	61,8	3.819	119,4	+ 57,0	3.249	+ 3.523
Alicante	102,6	48,9	2.391	146,4	+ 84,0	7.056	+ 4.108
Málaga	92,1	38,4	1.475	63,5	+ 1,1	1	+ 42
Cádiz	79,1	25,4	645	73,4	+ 11,0	121	+ 279
Pontevedra	78,5	24,8	615	60,6	— 1,8	3	— 45
Baleares	77,7	+ 24,0	576	106,2	+ 43,8	1.918	+ 1.051
Santander	73,9	20,2	408	82,9	+ 20,5	420	+ 414
Sevilla	67,6	13,9	193	73,7	+ 11,3	128	+ 157
Coruña	64,7	11,0	121	57,0	— 5,4	29	— 59
Murcia	62,5	8,8	77	75,9	+ 13,5	182	+ 119
Granada	58,4	4,7	22	51,7	— 10,7	114	— 50
Jaén	55,7	2,0	4	43,4	— 19,0	361	— 38
Córdoba	55,0	1,3	2	56,6	— 5,8	34	— 8
Tarragona	53,4	— 0,3	0	76,5	+ 14,1	199	— 4
Gerona	53,0	0,7	0	127,3	+ 64,9	4.212	— 45
Oviedo	49,7	4,0	16	48,8	— 13,6	185	+ 54
Castellón	46,4	7,3	53	59,2	— 3,2	10	+ 23
Logroño	40,9	12,8	164	76,4	+ 14,0	196	— 179
Almería	40,6	13,1	172	39,6	— 22,8	520	+ 299
Valladolid	39,2	14,5	210	61,9	— 0,5	0	+ 7
Huelva	36,1	17,6	310	57,3	— 5,1	26	+ 90
Navarra	34,8	— 18,9	357	69,4	+ 7,0	49	— 132
Zaragoza	34,1	19,6	384	92,5	+ 30,1	906	— 586
Badajoz	34,0	19,7	388	39,4	— 23,0	529	+ 453
León	32,0	21,7	471	31,0	— 31,4	986	+ 681
Salamanca	31,2	22,5	506	40,8	— 21,6	467	+ 486
Toledo	31,1	22,6	511	24,6	— 37,8	1.429	+ 854
Orense	29,1	24,6	605	21,4	— 41,0	1.681	+ 1.009
Ávila	29,0	24,7	610	21,4	— 41,0	1.681	+ 1.013
Zamora	27,8	— 25,9	671	29,7	— 32,7	1.069	+ 847
Palencia	26,9	26,8	718	55,6	— 6,8	46	+ 182
Segovia	26,8	26,9	724	48,4	— 14,0	196	+ 377
Ciudad Real	26,7	27,0	729	27,9	— 34,5	1.190	+ 931
Burgos	25,8	27,9	778	46,5	— 15,9	253	+ 444
Cáceres	25,4	28,3	801	32,3	— 30,1	906	+ 852
Albacete	25,0	28,7	824	40,3	— 22,1	488	+ 634
Lérida	24,3	— 29,4	864	58,1	— 4,3	18	+ 126
Cuenca	19,5	34,2	1.170	29,3	— 33,1	1.096	+ 1.132
Guadalajara	16,5	37,2	1.384	22,7	— 39,7	1.576	+ 1.477
Teruel	15,6	38,1	1.452	18,5	— 43,9	1.927	+ 1.673
Soria	15,4	38,3	1.467	21,4	— 41,0	1.681	+ 1.570
Huesca	14,5	39,2	1.537	44,6	— 17,8	317	— 698
Lugo	12,3	41,4	1.714	18,7	— 43,7	1.910	— 1.809
	2470,8 : 46		92.405	2871,8 : 46		76.490	70.859

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{92.405}{46}} = \sqrt{2\,008{,}80} = 44{,}82 \quad \therefore\; r = \frac{70.859}{46 \times 44{,}82 \times 49{,}83} = \frac{70.859}{84.180} = 0{,}8418 \pm 0{,}0291$$

$$\sigma_2 = \sqrt{\frac{76.490}{46}} = \sqrt{1.667{,}17} = 40{,}83 \qquad \frac{0{,}6745\,(1 - 0{,}8418^2)}{\sqrt{46}} = \frac{0{,}6745 \times 0.2914}{6.7823} = 0{,}0291$$

CUADRO NÚM. 20

PROVINCIAS	Densidades	log. $d = x$	x^2	Índices	$b\,g\,i = y$	$x\,y$
Barcelona	247,3	2,393	5,726	230,7	2,363	5,655
Madrid	190,9	2,281	5,203	101,0	2,004	4,571
Vascongadas	132,2	2,121	4,499	147,9	2,170	4,603
Valencia	115,5	2,063	4,257	119,4	2,077	4,285
Alicante...	102,6	2,011	4,044	146,4	2,166	4,356
Málaga	92,1	1,964	3,857	63,5	1,803	3,547
Cádiz	79,1	1,898	3,602	73,4	1,866	3,542
Pontevedra	78,5	1,895	3,591	60,6	1,782	3,377
Baleares	77,7	1,890	3,572	106,2	2,026	3,829
Santander...	73,9	1,869	3,493	82,9	1,919	3,587
Sevilla	67,6	1,830	3,349	73,7	1,867	3,417
Coruña...	64,7	1,811	3,280	57,0	1,756	3,180
Murcia...	62,5	1,796	3,226	75,9	1,880	3,376
Granada	58,4	1,766	3,119	51,7	1,713	3,025
Jaén	55,7	1,746	3,049	43,4	1,637	2,858
Córdoba	55,0	1,740	3,028	56,6	1,753	3,050
Tarragona...	53,4	1,728	2,986	76,5	1,884	3,256
Gerona...	53,0	1,724	2,972	127,3	2,105	3,629
Oviedo	49,7	1,696	2,876	48,8	1,688	2,863
Castellón	46,4	1,667	2,779	59,2	1,772	2,954
Logroño	40,9	1,612	2,599	76,4	1,883	3,035
Almería...	40,6	1,608	2,586	39,6	1,598	2,570
Valladolid...	39,2	1,593	2,538	61,9	1,792	2,855
Huelva	36,1	1,557	2,424	57,3	1,758	2,737
Navarra	34,8	1,542	2,378	69,4	1,841	2,839
Zaragoza...	34,1	1,533	2,351	92,5	1,966	3,014
Badajoz	34,0	1,531	2,344	39,4	1,595	2,442
León	32,0	1,505	2,265	31,0	1,491	2,244
Salamanca...	31,2	1,494	2,232	40,8	1,611	2,407
Toledo...	31,1	1,493	2,229	24,6	1,391	2,077
Orense...	29,1	1,464	2,144	21,4	1,330	1,947
Ávila	29,0	1,462	2,137	21,4	1,330	1,944
Zamora	27,8	1,444	2,085	29,7	1,473	2,127
Palencia...	26,9	1,430	2,045	55,6	1,745	2,495
Segovia...	26,8	1,428	2,039	48,4	1,685	2,406
Ciudad Real	26,7	1,426	2,033	27,9	1,446	2,062
Burgos...	25,8	1,412	1,994	46,5	1,607	2,269
Cáceres...	25,4	1,405	1,974	32,3	1,509	2,120
Albacete	25,0	1,398	1,955	40,3	1,605	2,244
Lérida	24,3	1,386	1,918	58,1	1,764	2,445
Cuenca	19,5	1,290	1,664	29,3	1,467	1,892
Guadalajara	16,5	1,217	1,481	22,7	1,356	1,650
Teruel...	15,6	1,193	1,423	18,5	1,267	1,512
Soria	15,4	1,187	1,409	21,4	1,330	1,579
Huesca	14,5	1,161	1,348	44,6	1,649	1,914
Lugo	12,3	1,090	1,188	18,7	1,272	1,386
		74,750	125,291		78,992	131,172

$$a = \frac{125{,}291 \times 78{,}992 - 74{,}750 \times 131{,}172}{46 \times 125{,}291 - 74{,}750^2} = \frac{9896{,}987 - 9805{,}107}{5763{,}386 - 5587{,}562} = \frac{91{,}880}{175{,}824} = 0{,}523$$

$$b = \frac{46 \times 131{,}172 - 74{,}750 \times 78{,}992}{46 \times 125{,}291 - 74{,}750^2} = \frac{6033{,}912 - 5904{,}652}{175{,}624} = \frac{129{,}260}{175{,}824} = 0{,}735$$

$$y = 0{,}735 \times + 0{,}523$$

CUADRO N.º 21

PROVINCIAS	x	y calculada	antilig. y = índice calculado	Índice real	Desviación Absoluta	Desviación %
Barcelona	2,393	2,279	190,0	230,7	+ 40,7	+ 21
Madrid	2,281	2,200	158,5	101,0	— 57,5	— 37
Vascongadas...	2,121	2,082	120,8	147,9	+ 27,1	+ 22
Valencia	2,063	2,039	109,4	119,4	+ 10,0	+ 9
Alicante	2,011	2,001	100,3	146,4	+ 46,1	+ 46
Málaga	1,964	1,967	92,7	63,5	— 29,2	— 32
Cádiz...	1,898	1,918	82,8	73,4	— 9,4	— 11
Pontevedra	1,895	1,916	82,4	60,6	— 21,8	— 26
Baleares	1,890	1,912	81,7	106,2	+ 24,5	+ 30
Santander	1,869	1,897	78,9	82,9	+ 4,0	+ 5
Sevilla	1,830	1,868	73,8	73,7	— 0,1	0
Coruña	1,811	1,854	71,4	57,0	— 14,4	— 20
Murcia	1,796	1,843	69,7	75,9	+ 6,2	+ 9
Granada...	1,766	1,821	66,2	51,7	— 14,5	— 22
Jaén	1,746	1,806	64,0	43,4	— 20,6	— 32
Córdoba	1,740	1,802	63,4	56,6	— 6,8	— 11
Tarragona	1,728	1,793	62,1	76,5	+ 14,4	+ 23
Gerona	1,724	1,790	61,7	127,3	+ 65,6	+ 106
Oviedo	1,696	1,770	58,9	48,8	— 10,1	— 17
Castellón...	1,667	1,748	56,0	59,2	+ 3,2	+ 6
Logroño	1,612	1,708	51,1	76,4	+ 25,3	+ 49
Almería	1,608	1,705	50,7	39,6	— 11,1	— 22
Valladolid	1,593	1,694	49,4	61,9	+ 12,5	+ 25
Huelva	1,557	1,667	46,4	57,3	+ 10,9	+ 24
Navarra	1,542	1,656	45,3	69,4	+ 24,1	+ 53
Zaragoza...	1,533	1,650	44,7	92,5	+ 47,8	+ 107
Badajoz	1,531	1,648	44,5	39,4	— 5,1	— 11
León...	1,505	1,629	42,6	31,0	— 11,6	— 27
Salamanca	1,494	1,621	41,8	40,8	— 1,0	— 2
Toledo	1,493	1,620	41,7	24,6	— 17,1	— 41
Orense	1,464	1,599	39,7	21,4	— 18,3	— 46
Ávila...	1,462	1,598	39,6	21,4	— 18,2	— 46
Zamora	1,444	1,584	38,4	29,7	— 8,7	— 23
Palencia	1,430	1,574	37,5	55,6	+ 18,1	+ 43
Segovia	1,428	1,573	37,4	48,4	+ 11,0	+ 29
Ciudad Real...	1,426	1,571	37,2	27,9	— 9,3	— 25
Burgos	1,412	1,561	36,4	46,5	+ 10,1	+ 28
Cáceres	1,405	1,556	36,0	32,3	— 3,7	— 10
Albacete	1,398	1,551	35,6	40,3	+ 4,7	+ 13
Lérida	1,386	1,542	34,8	58,1	+ 23,3	+ 67
Cuenca	1,290	1,471	29,6	29,3	— 0,3	— 1
Guadalajara	1,217	1,417	26,1	22,7	— 3,4	— 13
Teruel...	1,193	1,400	25,1	18,5	— 6,6	— 26
Soria	1,187	1,395	24,8	21,4	— 3,4	— 14
Huesca	1,161	1,375	23,7	44,6	+ 20,9	+ 88
Lugo	1,090	1,324	21,1	18,7	— 2,4	— 11

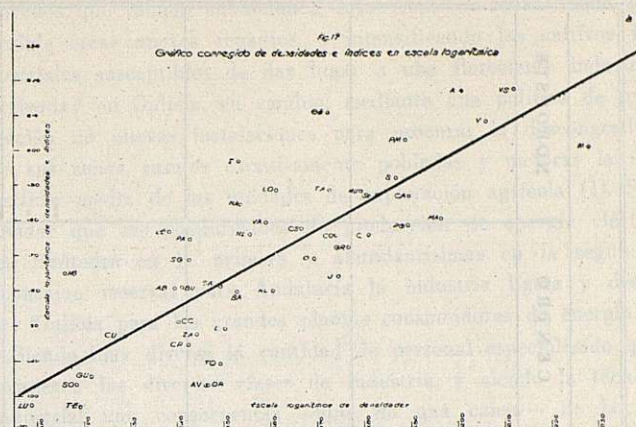




Fig. 18

Desviaciones definitivas

CUADRO N.º 22

DESVIACIONES	REGIONES INDUSTRIALES							
	EBRO	NORDESTE	NORTE	LEVANTE	DUERO	SUROESTE	CENTRO	NOROESTE
Superior a 50 %	107 Zaragoza. 88 Huesca.	106 Gerona. 67 Lérida.	53 Navarra.					
De + 25 a + 50 %	49 Logroño.	30 Baleares.	43 Palencia. 28 Burgos.	46 Alicante.	29 Segovia. 25 Valladolid.			
De + 8 a + 25 %		23 Tarragona. 21 Barcelona.	22 Vascongadas.	13 Albacete. 9 Valencia. 9 Murcia.		24 Huelva.		
De − 8 a + 8 %			+ 5 Santander.	+ 6 Castellón.	− 2 Salamanca.	0 Sevilla.	− 1 Cuenca.	
De − 25 a − 8 %			−17 Oviedo.	−22 Almería.	−23 Zamora.	−11 Cádiz. −11 Córdoba. −11 Badajoz. −22 Granada. −25 Ciudad Real	−10 Cáceres. −13 Guadalajara. −14 Soria.	−11 Lugo. −20 Coruña.
De − 40 a − 25 %				−26 Teruel.	−27 León.	−32 Málaga. −32 Jaén.	−37 Madrid.	−26 Pontevedra.
Superior a − 40 %							−41 Toledo. −46 Ávila.	−46 Orense.

Sebastián; también sería aconsejable que la línea Barcelona-Valencia se prolongara hasta Alcoy y Alicante.

d) RESPECTO A LA POLÍTICA INDUSTRIAL

Por lo que a la política industrial propiamente dicha se refiere, las conclusiones del autor han de ser forzosamente parcas y limitadas a aquellas consideraciones de carácter muy general que por su misma amplitud sean susceptibles de acomodarse a las exigencias del plan que, en definitiva, se vaya a adoptar. Entre ellas deben ser destacadas las siguientes:

No debe olvidarse el carácter estimulante que la industria ejerce sobre el perfeccionamiento de los métodos de cultivo de la zona en que se halla situada, sobre todo cuando aquéllos están retrasados por la carencia de espíritu de iniciativa; a igualdad de las demás circunstancias parece, pues, aconsejable favorecer la implantación de nuevas industrias en las zonas que se encuentren en tales condiciones.

Siendo de naturaleza muy distinta —de carácter difusivo en los primeros y absorbente en los segundo— la influencia ejercida sobre sus regiones naturales por los centros de industrialización según su situación litoral o interior, los problemas a ellos referentes han de ser tratados con criterios diversos, pues mientras todo desarrollo ulterior de aquéllos reporta ventajas a sus zonas limítrofes, el de los segundos tiende a esquilmarlas. En su consecuencia, parece aconsejable efectuar preferentemente la industrialización de las regiones interiores a base de puntos aislados.

Dado el diverso grado de desarrollo industrial alcanzado por los distintos focos litorales parece preferible procurar la industrialización de aquéllos cuyo desarrollo se encuentra en una fase más atrasada, Andalucía y Galicia. Pero como las causas de esa situación son distintas en las dos regiones, distintos parece deberían ser los métodos empleados para conseguirlo: En Andalucía, combatiendo el latifundio mediante parcelaciones de los terrenos que reúnan condiciones, sobre todo en zonas donde sea posible crear nuevos regadíos, e intensificando los cultivos industriales susceptibles de dar lugar a una floreciente industria derivada; en Galicia, en cambio, mediante una política de protección de nuevas instalaciones para procurar la descongestión de sus zonas rurales excesivamente pobladas y mejorar la superficie media de las unidades de explotación agrícola (1). Sin olvidar que las posibilidades de producción de energía eléctrica, limitadas en la primera y abundantísimas en la segunda, aconsejan reservar para Andalucía la industria ligera y destinar Galicia para las grandes plantas consumidoras de energía.

Siendo muy diversa la cantidad de personal especializado que requieren las diversas clases de industria, y siendo la técnica industrial una consecuencia —que no una causa— de la industrialización, todo aconseja reservar los actuales focos para aquellas industrias que requieran un personal obrero particularmente hábil.

En definitiva: establecer una discriminación en los criterios oficiales para la autorización de nuevas industrias que tuviera como base preferente las muy diversas necesidades económicas de las distintas regiones españolas.

Con ello queda terminada la exposición de aquella parte que ofrece un interés general de los resultados obtenidos por el autor en su intento de determinar los factores que se oponen a la industrialización de la provincia de Lugo; si de su conocimiento pudiera derivarse algún beneficio para la economía de la Nación, el autor se consideraría sobradamente compensado por sus desvelos.

Lugo, 17 de mayo de 1949.

(1) Convendría, además, que los nuevos núcleos creados por la parcelación y la industrialización se convirtieran rápidamente en capitalidades de nuevos Municipios.

Sometido el tema a discusión, son expuestas discrepancias, incluso profundas, con algunas de las apreciaciones del Sr. Soler Carreras, estimando varios presentes que el Ingeniero informante parece presentar, en determinados casos como causa, lo que más justamente debe considerarse como efecto. Sin embargo, es reconocido unánimemente el interés del tema y la conveniencia de proseguir e intensificar los estudios económicos entre los ingenieros, dado que éstos, como rectores de la producción nacional, deben ineludiblemente hacer oír su voz en forma colectiva, y tener representación de una Sección de Economía permanente en todas las cuestiones que con la economía nacional se relacionen. Así se acuerda.

A continuación, procédese a la lectura del trabajo siguiente:

N.º 246. - Presupuesto Nacional. Créditos para la Industria. Intercambio con Técnicas y Economías Extranjeras

Autor: AGRUPACIÓN DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE BARCELONA
(Sección de Economías)

Habiéndonos encargado la Presidencia de las Secciones Técnicas de la A. N. I. I., Agrupación de Barcelona, la presentación de un trabajo referente al tema indicado, en plazo que consideramos relativamente corto, tratándose sobre todo de un tema de tanta importancia, hemos procurado reunir la mayor cantidad de datos estadísticos con los que pudiéramos formarnos una idea y exponer al Congreso unas conclusiones derivadas de nuestro estudio.

Nos limitaremos en esta comunicación a exponer la forma en que se ha estudiado el tema y cómo hemos llegado a las conclusiones que se presentan.

Al comparar nuestro Presupuesto con los de otros años, utilizando para ello su relación con la Renta Nacional del país, vemos, según el cuadro núm. 1, que el tanto por ciento que representa el Presupuesto con relación a la renta es sensiblemente inferior al de los últimos años e incluso al del año 1935 (nos referimos siempre al año 1948, que es el último del que tenemos datos exactos). No tenemos datos completos del año 1949, pero teniendo en cuenta el pequeño aumento experimentado por la renta en estos últimos años y el considerable que ha sufrido el Presupuesto, lógicamente el tanto por ciento habrá aumentado, cosa que, por la simple inspección de los datos que hasta ahora hemos visto, no solamente no extraña, sino que parece necesaria, pues si comparamos, además, estos datos con los de varios países extranjeros, según vemos en el cuadro núm. 2, todos ellos son superiores al español.

Cuadro núm. 1.

PRESUPUESTO Y RENTA NACIONAL EN MILLONES DE PESETAS

Años	Presupuesto	Renta	Tanto por ciento de gastos s/ la renta nacional
1935	4.555	24.759	18,40
1939	6.698	26.726	25,06
1940	7.335	36.130	20,30
1941	9.554	43.745	21,84
1942	9.761	50.401	19,37
1943	13.192	55.796	23,64
1944	16.145	63.133	25,57
1945	13.618	63.259	21,53
1946	13.563	90.415	15,—
1947	14.198	102.693	13,83
1948 (1)	15.147	108.517	14,02

(1) Provisional.

(De «Diez años de Política Económica en España, 1939-1949», por Higinio París Eguilaz, pág. núm. 164.)

Cuadro núm. 2.

RENTA NACIONAL E INGRESOS DEL ESTADO EN MILLONES DE LA MONEDA RESPECTIVA

MONEDA CORRIENTE	Renta Nacional	Ingresos Estado	Tanto por ciento ingresos s/ renta
HOLANDA			
1937	4.802	856,70	17,6
1947	11.251	2.598,90	23,1
1948	12.653	5.841,90	46,1
BÉLGICA			
1937	65.270	10.760	16,5
1947	214.550	85.840	40
1948	243.900	79.148	32,4
FRANCIA			
1937	356.000	59.624	16,7
1947	3.181.000	610.583	19,2
GRAN BRETAÑA			
1937	4.670	948,70	20,3
1947	8.725	3.341,20	38,3 —
1948	9.675	3.844,80	39,7

Este estudio no puede, por sí solo, reflejar deducción alguna si no consideramos el valor de la renta por individuo y la repercusión que sobre la misma tienen las deducciones derivadas del Presupuesto.

Según los datos del cuadro núm. 3, elaborados por el Consejo de Economía Nacional, la renta nacional por habitante, que, desde el año 1929 hasta el 1935, se había mantenido al mismo nivel, desciende notablemente en el año 1939, a consecuencia de las destrucciones originadas por nuestra guerra civil y la escasa producción en todos los órdenes; no hemos alcanzado en estos últimos años el nivel de 1935, y si nos fijamos en los últimos, debido al aumento de población y pequeño aumento de renta, todavía observamos un retroceso en nuestra recuperación.

Cuadro núm. 3.

LA RENTA NACIONAL DESDE 1929 A 1948

Años	Renta real en pesetas de 1929 (1)	Renta real por habitante en pesetas de 1929 (2)
1929	25.213	1.092
1930	24.104	1.033
1931	24.028	1.020
1932	25.742	1.083
1933	23.196	967
1934	26.146	1.078
1935	25.289	1.033
1939	18.532	729
1940	20.977	819
1941	21.481	830
1942	22.515	862
1943	22.339	847
1944	23.499	883
1945	21.204	789
1946	25.263	931
1947	24.457	893
1948	24.154	874

(1) En millones de pesetas.
(2) En pesetas.

(De «Diez años de Política Económica en España, 1939-1949», por Higinio París Eguilaz, págs. 39 y 78.)

Si tomamos como años de comparación el 1935, en el que la renta era de 1.033, y el 1938, con renta de 874, y deducimos el Presupuesto, llegamos a un remanente de

$$1.033 - \frac{1.033 \times 18,40}{100} = 1.033 - 190 = 843 \text{ para el año}$$

1935, y de

$$874 - \frac{874 \times 14,02}{100} = 874 - 122.60 = 751 \text{ para el año 1848,}$$

bastante inferior al del año 1935. Vemos, por lo tanto, que el 14,2 % es todavía elevado mientras no se aumente la renta nacional, que es el punto donde hemos de encaminar todo nuestro esfuerzo.

Esta renta es extremadamente baja si la comparamos con la de otros países. Si examinamos el cuadro núm. 4, podemos ver que

Cuadro núm. 4.

RENTA NACIONAL EN MILLONES DE LA MONEDA RESPECTIVA

Años	Renta Nacional	Miles de habitantes	Renta por habitante	Indice precios	En moneda 1935 por habitante
ESTADOS UNIDOS — DOLAR					
1937	73.600	128.825	571,30	100	571
1947	201.700	144.024	1.393,50	176	792
1948	226.200	146.571	1.543,30	191	808
BELGICA — FRANCOS BELGAS					
1937	65.270	8.346	7.940	100	7.940
1947	214.550	8.421	25.849	355	7.282
1948	243.900	8.557	28.514	389	7.330
GRAN BRETAÑA — LIBRA ESTERLINA					
1937	4.640	47.289	97	100	97
1947	8.725	49.539	176	176	100
1948	9.675	50.033	193	202	96
SUIZA — FRANCO					
1937	8.702	4.180	2.082	100	2.082
1947	16.842	4.547	3.704	201	1.843
1948	17.550	4.609	3.808	209	1.822
HOLANDA — FLORIN					
1937	4.802	8.598	558	100	558
1947	11.251	9.629	1.272	250	509
1948	12.653	9.793	1.299	259	517

la renta de diferentes países referida a pesetas, cambio oficial, es la siguiente:

		Cambio oficial	Cambio financiero
Estados Unidos	808 $	8.847,60	20.200,—
Bélgica	7.330	1.605,27	3.665,—
Gran Bretaña	96 £	2.943,36	6.840,—
Suiza	1.822	4.609,66	10.512,90
Holanda	517	1.488,96	3.401,86

Es necesario también tener en cuenta que al Presupuesto Nacional se le han de agregar los presupuestos de los Organismos Autónomos en la parte que no corresponda a subvención del Estado. Adjuntamos el resumen de ingresos del presupuesto de estos organismos para el año 1949, que, como puede verse, re-

Cuadro núm 5.

PRESUPUESTO DE LOS ORGANISMOS AUTÓNOMOS PARA EL EJERCICIO ECONÓMICO DE 1949

Resumen de ingresos

	Pesetas
Subvención del Estado	1.050.825.359,66
Productos y Rentas	1.022.859.570,45
Impuestos y Arbitrios	530.876.242,89
Exacciones Provinciales y Municipales	243.070.079,56
Derechos y Tasas	544.146.949,88
Seguros	177.133.310,42
Multas	48.799.600,—
Empréstitos	1.348.695.637,81
Otros Recursos	72.418.041,33
Remanente	340.395.453,33
TOTAL	5.379.220.305,42

Cuadro núm. 6.

PRODUCCIÓN AGRÍCOLA INDUSTRIAL Y TOTAL POR HABITANTE

Años	Índice de producción agrícola por habitante	Índice de producción industrial por habitante	Índice de producción total por habitante
1929	100,0	100,0	100,0
1930	89,1	100,2	94,7
1931	90,2	96,8	93,4
1932	106,3	91,9	99,1
1933	89,4	87,5	88,5
1934	103,8	94,0	98,9
1935	91,9	97,5	94,7
1939	67,9	65,7	66,8
1940	63,2	86,8	75,0
1941	69,8	82,2	76,0
1942	66,4	91,5	79,0
1943	61,6	92,9	77,2
1944	63,8	97,2	80,5
1945	44,7	99,5	72,1
1946	66,6	103,3	84,9
1947	59,9	103,0	81,4
1948	53,0	106,4	79,7

(De «Diez años de Política Económica en España, 1939-1949», por Higinio París Eguilaz. Pág. 286.)

presenta 4.329.000.000 que se tendrían que añadir al presupuesto, lo que contribuiría, por tanto, a elevar el 14,2 %.

El descenso observado en la renta nacional se debe no solamente al creciente aumento de la población, sino también a la disminución experimentada en la producción total y que, como se puede apreciar en el cuadro núm. 5, es debida al gran descenso de la producción agrícola, que ha llegado a un índice de 53 tomando como base el del año 1929. Este descenso en producción por los motivos de falta de abonos, disminución del ganado de labor, falta de maquinaria agrícola, riegos y la emigración de la mano de obra del campo, sin olvidar los años de sequía padecidos, ha traído consigo un aumento de los precios de los productos alimenticios, elevando enormemente el coste de vida. Es urgente, por lo tanto, ayudar a la implantación de la Industria química de los abonos fertilizantes, mediante facilidades de importación de maquinaria, reducciones fiscales, créditos a largo plazo y pequeño interés, etc. Lo mismo decimos para las industrias dedicadas a la construcción de maquinaria agrícola y, en fin, para toda aquella industria auxiliar de la agricultura.

De todas formas, consideramos oportuno reseñar a continuación las conclusiones del Primer Congreso de Ingeniería Agronómica, que son las siguientes:

1.ª Grave problema que España tiene planteado acerca de la producción, por la insuficiencia de algunas de sus cosechas fundamentales. Se estudian las causas de dicha insuficiencia.

2.ª Necesidad de superar el nivel de la producción lograda en el decenio 1926-1935, en que la población dispuso de una alimentación suficiente, aunque poco adecuada. Se estima absolutamente necesario y posible en los próximos quince años un incremento de las cosechas de un 30 por 100 mayor que el del referido período.

3.ª Es limitada la posibilidad de forzar la producción extendiendo la superficie cultivada. Debe aumentarse aquélla incrementando los rendimientos, mediante el perfeccionamiento de los medios de producción y sistemas de explotación.

4.ª Analiza el aumento de producción, extendiendo el regadío, manteniendo las superficies máximas cultivadas en secano, así como las dedicadas al cultivo de leguminosas y aumentando las producciones unitarias de cereales, patatas, remolacha azucarera y olivo, entre las principales cosechas.

5.ª Para alcanzar estos fines es ineludible una labor técnica ingente, amplia, coordinada y perseverante que alcance todos los factores de la producción agrícola. Se exponen los puntos necesarios para lograr estos objetivos por medio del aumento de los abonos, maquinaria, educación del obrero, viviendas y edificaciones agrícolas, mejora de las comunicaciones rurales, electrificación, abastecimiento de aguas, elevación del nivel de vida de la población rural, cooperativas, etc.

En estas conclusiones se sintetizan cuantas soluciones y problemas son de urgente resolución al objeto de lograr el aumento de producción agrícola, tan necesario a nuestra patria, y sin el cual no es posible forzar la industrialización de la misma, ya que se ha dicho con harta frecuencia que si en cualquier país los productores de artículos de primera necesidad, es decir los agricultores, no producen más que lo que ellos mismos necesitan para el consumo, todos los habitantes del país de que se trate tendrían que dedicarse a la agricultura.

En cambio, cuanto mayor sea el excedente de la producción sobre el consumo que la población agrícola hace de sus mismos productos, mayor podrá ser la masa de población que pueda destinarse a la producción de bienes industriales; bienes industriales que consumirán los agricultores e industriales, más los agentes comerciales y de transporte que giren el intercambio comercial.

Pero cuando se trata, además, de sostener una población no destinada a la creación de bienes agrícolas e industriales, o su intercambio, sino a prestar otros servicios, aquel excedente de producción agrícola más el que procede de los industriales han de ser aún superiores, y cada vez mayores si se amplía el número de esos servicios como los que en buena parte prestan los servidores del Estado, que viven del Presupuesto Nacional, y que evidentemente sólo en reducida parte se dedican a la creación de riqueza o de bienes de consumo. Es entonces preciso averiguar hasta qué punto, en un país con escasa productividad industrial, y, por lo tanto, pobre, pueden prestarse estos servicios, aunque parezcan tan necesarios, pues se puede llegar a la situación en que la masa de bienes de consumo absorbida por los que prestan los servicios, económicamente podría ser más interesante que parcialmente fuera dirigida hacia la creación de más bienes de consumo o más bienes de producción con que aumentar la productividad general.

En cuanto al rendimiento industrial, si bien es cierto que ha aumentado en estos últimos años, no hemos seguido el ritmo de los demás países, lo cual es motivado, sin ningún género de duda, por la falta de renovación de maquinaria y equipos, así como por el poco contacto que tenemos con técnicas y experiencias extranjeras, a las que no podemos acudir por no existir facilidades para el pago de los derechos inherentes a la explotación de patentes o concesión de licencias.

La renovación de maquinaria ha sido prácticamente nula por parte de la industria privada, por los motivos de restricción de importaciones y falta de capital necesario para la renovación. Para la financiación de esta renovación es preciso conceder a la industria créditos a largo plazo y pequeño interés, ya que es imposible hacerlo en su totalidad con los créditos de la Banca privada, que resultan demasiado gravosos a las industrias, o bien mediante una política de atracción del capital privado, suprimiendo las limitaciones de beneficios y modificando el impuesto sobre la renta en consonancia con el actual poder adquisitivo de la moneda. En el cuadro número 6 puede verse un resumen de los diferentes tipos de imposiciones de renta en diferentes años. Convendría revisar estos impuestos y casi anularlos cuando se trata de capital privado que se invierte en instalaciones de carácter industrial, sobre todo teniendo en cuenta que los rendimientos de estas inversiones ya tributarán más adelante por este concepto.

Respecto al último punto del tema, debemos reconocer que nuestra técnica no se encuentra, en su conjunto, en condiciones de poder estudiar un intercambio con las experiencias extranjeras (excepto en algunos casos aislados), de forma que permita considerar este asunto por parte del Estado. Es sumamente interesante, por otra parte, podernos aprovechar de las experiencias y capital de otros países, para lo cual no vemos otra solución que el poder garantizar a aquéllos que disfrutarán de los beneficios que su inversión produzca y se puedan liquidar regularmente los pagos de cánones correspondientes a la explotación de patentes extranjeras.

De todo ello podemos concluir lo siguiente:

1. Que nuestro Presupuesto Nacional, si bien sólo representa un 18 por 100 de la Renta Nacional, como ésta es pequeña supone un gravamen muy elevado sobre la renta individual de los españoles, y, por lo tanto, no permite su incremento hasta que, por medio de una enérgica política de aumento de la productividad y de la riqueza real, no se eleve la Renta del país.

2. Que, y como es tan sabido como repetido, para aumentar la productividad agrícola hay que estimular la compleja financiación de la mecanización de la agricultura, así como la producción abundante de fertilizantes y la extensión de los regadíos.

Y como para aumentar la productividad industrial hay que auxiliar la financiación de la renovación y ampliación de las instalaciones, para lo que habrá que, no sólo seguir una política fiscal adecuada a ello, sino prestar a la industria por el Estado, a largo plazo y bajo interés. Y, por lo tanto, desde el punto de vista del Presupuesto Nacional y sin que por ello se aumente su volumen total, será preciso incrementar las cantidades asignadas a los Departamentos de Agricultura, Industria, Obras Públicas y Educación Nacional, que son los que pueden contribuir al aumento de riqueza.

3. Teniendo en cuenta el retraso de nuestra acumulación de capital real, conviene estimular las aportaciones de capital extranjero, que deberían hacerse en forma de maquinaria y experiencia industrial; estímulo que necesitaría la garantía estatal del pago de intereses y cánones de licencias.

Cuadro núm. 7.

IMPUESTO RENTA AÑO 1932

TIPO DE GRAVAMEN

De	100.000,01	pesetas	a	120.000,	1	%	de gravamen		
»	120.000,01	»	»	150.000,	1,43	%	»	»	
»	150.000,01	»	»	200.000,	2	%	»	»	
»	200.000,01	»	»	250.000,	2,78	%	»	»	
»	250.000,01	»	»	300.000,	3,42	%	»	»	
»	300.000,01	»	»	400.000,	3,97	%	»	»	
»	400.000,01	»	»	500.000,	4,86	%	»	»	
»	500.000,01	»	»	750.000,	5,57	%	»	»	
»	750.000,01	»	»	1.000.000,	6,84	%	»	»	

Si la renta imponible excediese de 1.000.000, se gravará en la siguiente forma:

El primer millón, a razón de 7,70 %, y lo que exceda, a razón del 11 %.

IMPUESTO RENTA AÑO 1935

TIPO DE GRAVAMEN

De	80.000,01	pesetas	a	100.000,	1	%	de gravamen	
»	100.000,01	»	»	120.000,	1,50	%	»	»
»	120.000,01	»	»	150.000,	1,93	%	»	»
»	150.000,01	»	»	200.000,	2,50	%	»	»
»	200.000,01	»	»	250.000,	3,28	%	»	»
»	250.000,01	»	»	300.000,	3,92	%	»	»
»	300.000,01	»	»	400.000,	4,47	%	»	»
»	400.000,01	»	»	500.000,	5,36	%	»	»
»	500.000,01	»	»	750.000,	6,07	%	»	»
»	750.000,01	»	»	1.000.000,	7,34	%	»	»
Más de 1.000.000, el primer millón,					8,20	%	»	»
Exceso del primer millón,					11,—	%	»	»

IMPUESTO RENTA AÑO 1940

TIPO DE GRAVAMEN

Porción de la Renta imponible comprendida entre				Tipo impositivo
0	y	70.000	pesetas	0 %
70.000,01	y	100.000	»	7,5 %
100.000,01	y	250.000	»	18 %
250.000,01	y	500.000	»	25 %
500.000,01	y	1.000.000	»	30 %
El exceso sobre		1.000.000	»	40 %

De «Contribución General sobre la Renta», de junio de 1941.

IMPUESTO RENTA AÑO 1947

TIPO DE GRAVAMEN

Hasta 60.000 pesetas				0	%	de gravamen	
De	60.000,01 a	100.000	pesetas	7,5	%	»	»
»	100.000,01 a	150.000	»	18	%	»	»
»	150.000,01 a	250.000	»	20	%	»	»
»	250.000,01 a	500.000	»	27	%	»	»
»	500.000,01 a	1.000.000	»	33	%	»	»
El exceso sobre		1.000.000	»	44	%	»	»

E igualmente necesario estimular la acumulación de ahorro nacional y la inversión del mismo, revisando si es preciso los tipos de gravámenes sobre la renta y los limitativos de beneficios, especialmente si están destinados a nuevas inversiones.

Barcelona, mayo de 1950.

En el turno de discusión abierto por la Presidencia, el Secretario de la Mesa advierte que la mayoría de los puntos que se exponen en el trabajo de la Agrupación de Ingenieros Industriales de Barcelona, como otros de distintas Ponencias anunciadas que serán leídos en reuniones sucesivas, han sido ya tratados en el trabajo "Directrices profundamente nacionales positivas y urgentes que se deducen de dos trabajos de Economía Industrial española", leído y sometido a debate en la primera sesión, recayendo acuerdo firme y unánime sobre ellos con aceptación de su espíritu y letra en todos sus puntos, unos coincidentes y otros discrepantes con el estudio que acaba de leerse. Entiende, sin embargo, que, dado que alguno de los asistentes a las sesiones de hoy no lo fueron en la primera reunión —aunque hay también bastantes de la primera que no han podido concurrir a ésta— es no sólo convenientísimo, sino esencial, se examine y discuta tanto este trabajo de los Ingenieros Industriales de la Agrupación de Barcelona, como otras Ponencias posteriores, aunque sean de temas ya tratados y sobre los que haya recaído acuerdo, dándose así cauce con amplitud especial en cuestiones muy importantes, para que puedan conocerse con extensión y detalle las opiniones de todos en temas de gran interés nacional, obteniéndose de esta forma sólida y ancha base para la redacción definitiva de las conclusiones de aceptación unánime que la Sección de Economía tenga el honor de presentar a la aprobación del Pleno del II Congreso de Ingeniería.

El Presidente lo cree también así, y se acuerda que, aunque por la hora avanzada, no es posible hacerlo inmediatamente, se continúe el debate sobre el trabajo "Industrialización de España", por la tarde, y después con el de la Ponencia "La minería y los productos agrícolas y de pesca españoles, como medio importante de relación económica internacional", que estaba anunciado para las 16 horas.

A continuación, a las 14,30 horas, el Presidente levanta la sesión.

II CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA
(28 de mayo al 3 de junio de 1950)

ACTA DE LA SESIÓN CELEBRADA EL DÍA 30 DE MAYO DE 1950
(Continuación)

Abierta la sesión a las cinco de la tarde, dijo:

El Sr. Presidente: El Sr. Orvaneja nos hará el favor de exponer el trabajo titulado "Industrialización de España", que luego se procederá a debatir si así se estima necesario por los reunidos en esta Sección.

A continuación, el Sr. Orvaneja procede a la lectura del mismo, cuyo texto es el que sigue:

N.º 290. - Industrialización de España

Autor: AGRUPACIÓN DE INGENIEROS INDUSTRIALES DE BARCELONA

La Sección de Organización Industrial y Economía de la Agrupación de Barcelona de la A. N. I. I, fué encargada por la Junta directiva de la misma de preparar un trabajo para el II Congreso de Ingenieros Civiles, y dicha Sección encomendó a su vez, a su Presidente la redacción del preámbulo y la preparación de las bases a discutir.

Es por tal motivo que se transcriben seguidamente el preámbulo del Profesor don José de Orbaneja y de Aragón, así como las Conclusiones a que, en su virtud, llegaron los componentes de dicha Sección, tras amplias deliberaciones.

PREÁMBULO

La complejidad del problema es tan grande que es muy fácil perderse en un mar de estadísticas y de datos, sin llegar a una conclusión o, por lo menos, a una definición de nuestra posición ante aquél.

Por lo tanto, opinamos que sería mejor, seguramente, empezar por una primera aproximación, buscando una síntesis del mismo, una simplificación que, naturalmente, no corresponderá con exactitud a la realidad, pero que (constituyendo un procedimiento usado frecuentemente por los economistas) nos servirá para ver claro y extraer unas cuantas conclusiones aplicables a la realidad compleja de la industria de un país, más concretamente, a la de España.

El mecanismo que vamos a emplear es el siguiente: reducir la extensión, la población y, por consiguiente, la producción de nuestro país a las dimensiones de un Estado diminuto en el que proporcionalmente a nuestra Industria, Banca, Comercio, Agricultura, etc., estuvieran todos ellos representados en magnitudes casi ridículas. Es el Estado o ciudad, aislado, diminuto de los economismas de von Thünen, que utilizamos como mecanismo científico, para obtener una primera aproximación de la realidad y que, inicialmente, lo imaginamos aislado, sin comercio exterior; en el que los transportes se han reducido al mínimo, pero, no obstante, son existentes. Y en el que habría una sola sociedad minera, otra siderúrgica, otra metalúrgica, otra más de cementos, etc., etc., es decir, no existiría competencia, sino industrial; pero, por consiguiente, también una sola responsabilidad vinculada en cada empresa frente al interés colectivo del Estado hacía la necesidad, por ejemplo, de elevar la producción industrial. Además, de cada una de las factorías, en nuestra ciudad imaginaria, habría una Banca, unos almacenes, un mercado, etc., etc., y, alrededor de aquélla, unos campos, primero unas huertas, más lejos unos secanos más amplios y menos productivos, así como escasos bosques. Al borde del mar nuestra ciudad, proyección reducida de nuestro país, dispondría también de equipos de pesca y de su producción pesquera. Supongamos que nos planteamos el problema de elevar el nivel medio de vida de los súbditos de nuestro minúsculo e imaginario Estado.

Lo que, sin duda, equivale a que todos, y cada uno de ellos, puedan consumir unos bienes económicos y servicios. Ahora bien, para aumentar el consumo habría que aumentar antes la producción. O sea, que cada uno de aquellos habitantes produzca más bienes al año, o lo que es lo mismo, por día o por hora de trabajo, es decir, que se aumente la productividad. En pocas palabras, habría que lograr que cada bien económico producido cueste menos horas de trabajo que antes, al producirlo.

En un país cualquiera pueden suceder una de estas dos situaciones opuestas; o bien la agricultura está mecanizada y el rendimiento por hombre apenas si puede ya elevarse o, por el contrario, aún hay mucho camino a recorrer, como sucede en el nuestro. En este caso, que por ser el nuestro es el que abordamos, la racionalización, modernización o mecanización de la Agricultura dará lugar, por una parte, a un aumento de la producción, pero, por otra, y es lo más importante, a un sobrante de la mano de obra. Este excedente, aparte del que se dedique al aumento de la riqueza ganadera, forestal y pesquera, se dedicará a la minería y a la industria, y resultará de ello que se podrán producir más bienes industriales, lo que aumentará la posibilidad de consumo de los mismos.

En el pequeño estado de Thünen, donde nos proponemos aumentar el consumo de bienes, especialmente industriales, sucederá que si aumentamos por no importa ahora qué método, la producción industrial, si la población agrícola continúa sin ser casi consumidora, no podrán seguramente venderse, en buena parte, los bienes industriales sobreproducidos por falta de mercado. Es la situación denominada «clima inadecuado». Preguntémonos ahora: ¿Se puede aumentar la productividad agrícola? Es sabido que un mayor rendimiento se puede obtener, o bien aumentando la producción de la misma cantidad de tierra, transformándola en regadío, o bien manteniéndola en secano (suponiendo resuelto el problema de los abonos), substituyendo la labor, por una cierta extensión, de una serie de hombres tras sus yuntas por la de uno solo sobre un tractor y con maquinaria adecuada, o sea, que por trabajador se cultive una mayor extensión de tierra; o bien combinando ambos sistemas. En definitiva, cada bien agrícola, o mejor, la unidad de producto agrícola se habrá obtenido con menor número de horas de trabajo, pero entonces los trabajadores del campo desplazados por la mecanización tendrán que absorberse, primero, por el incremento de la ganadería y la explotación de los bosques antes abandonados, y después, por la minería, la industria, los transportes, el comercio, los servicios, etc., y los que quedan en la Agricultura tendrán, al cambiar por productos industriales, el excedente de los productos agrícolas producidos sobre los que consumen; podrán, a través del mecanismo-moneda, consumir, por individuo, más de éstos que antes, ya que también por individuo se ofrecen más que antes. Y el consumo de los que han quedado en la Agricultura, más los desplazados que antes trabajaban en ella, consumirán más, si éstos conservan, por lo menos, el mismo nivel de vida en los nuevos empleos.

Si suponemos que las máquinas necesarias para la mecanización del campo han sido producidas por la industria de nuestra ciudad, esto representa en origen una inversión de capital en la Agricultura que equivale a la inversión del ahorro producido al substraer de otros consumos los materiales, mano de obra, etcétera, industriales necesarios para producir estas máquinas. Se ha creado, pues, un capital. Y esa creación habrá requerido una financiación y habrá respondido a una necesidad y a algún estímulo.

¿Cómo financiar esta renovación? Si los campesinos tienen beneficios, y en épocas de escasez siempre sus explotaciones son bastante productivas, en general podrán proceder a la transformación por su cuenta. Pero no es tan fácil como parece, aun en este caso, influyendo personalmente el que la propiedad agrícola esté o no muy dividida.

En la Agricultura hay tres agentes humanos: el propietario, que pone la tierra; el colono, que es dueño de los aperos, ganado, etc., o sea, del capital, y el obrero asalariado. Lo que no quiere decir que en muchos casos propietario y colono sean la misma persona, así como también colono y asalariado, y hasta los tres en una persona. Imaginemos que en nuestro Estado de von Thünen una parte de los campos pertenece a un solo propietario, que representará a nuestros latifundistas; que otra parte está en manos de diversos propietarios, no grandes, y que, por último, en otra está pulverizada la propiedad en minifundios. Pensemos cómo reaccionarán esos propietarios ante el problema de la mecanización de su agricultura. ¿En qué caso ellos mismos financiarán la mecanización? Si el propietario grande tiene su tierra entregada en arriendo o en contrato de aparcería a una serie de colonos que tienen sus yuntas y aperos y que seguramente al mismo tiempo ellos mismos la trabajan, el propietario no podrá hacer nada. Por otra parte, en muchos casos no tienen capacidad económica para hacerlo. Si, por el contrario, la explota por su cuenta puede suceder que tenga medios económicos o que no los tenga. En el primer caso es probable que lo haga; en el segundo, si no se le prestan los medios económicos a un interés bajo, seguramente no lo hará. Desde el punto de vista técnico económico, la gran propiedad es mucho más fácilmente transformable, ya que la unidad de explotación, al introducir la maquinaria, cambia radicalmente, y pasa de ser, la que antes tenía una dimensión tal que una yunta podía cultivarla, a la que pueda ahora cultivar un sólo tractor (lo que variará según la potencia de éste).

Pero el aliciente principal, para la renovación o transformación, puede ser el que nuestro diminuto Estado, siendo deficitario en la producción de ganado de trabajo y estando aislado, tendrá que substituir por tractores un ganado que cada cual adquiere a precios exorbitantes. Veamos ahora qué harán los colonos y colono-asalariados. Tienen sus yuntas y aperos, explotan una tierra que es casi indiferente que sean o no propietarios de ella. Lo importante para la transformación es que la substitución por nuevos métodos desplaza o hace inservibles los viejos, y que la mayoría de los colonos consideran la tierra, no sólo como un negocio, no sólo como un modo de vivir, sino como toda una manera de vivir consustancial con ellos. Y si se asociaran para substituir el viejo capital por el nuevo, ¿cuál de ellos quedará en la tierra? ¿Quiénes irán a ocuparse de las nuevas instalaciones de ganado de producción? ¿Quién financia estas últimas instalaciones necesarias? Las soluciones parciales no sirven, pues si, por ejemplo, de la zona minifundista se trata, no puede operarse más que haciendo que los tractores labren seguido la tie-

rra que corresponda a cada tractor, pues resulta antieconómico que estén recorriendo caminos para ir de una parcela a otra distantes entre sí.

En nuestra modesta opinión, la reforma agraria no es problema de propiedad de la tierra, porque se considere bien o mal distribuída, sino de colonía de la tierra, o sea, de producción, ya que consideramos al colono como propietario de las máquinas para explotación, que es lo que hay que variar, y sólo al variar esto interesa ocuparse de la propiedad, porque puede ser un obstáculo, como, por otra parte, puede serlo la absorción de los cultivadores diseminados.

Imaginemos que en nuestro Estado, un Instituto de Racionalización de la Agricultura ha intervenido no comprando la tierra y parcelándola, sino sólo allí donde los propietarios, porque no han podido o no han querido racionalizarla, los cultivos se realizan antieconómicamente, prestando dinero a los propietarios que ellos mismos explotan la tierra; o a los grupos de colonos, organizando entonces la colocación de los desplazados; prestando además medios para crear una riqueza ganadera y para su explotación racional. En nuestro hipotético país, también podemos imaginar que el procedimiento a seguir es que el Instituto extienda su acción de financiación, enseñanza y absorción de paro, al modo de una mancha de aceite, y adquiriendo yuntas y viejos aperos, para revenderlos en las zonas todavía no racionalizadas, descontando su importe de los préstamos hechos. Préstamos, desde luego, siempre reintegrables a largo plazo. Nuestro Instituto, fuertemente previsor, puede establecer, además, unas cuotas anuales por las que se le pagan los intereses (bajos) y amortización del préstamo, pero además, un fondo de renovación que rige para que a los diez años, vida calculada de las máquinas entregadas, se les renueven totalmente con otras, seguramente más perfectas.

Por otra parte, sería necesario que las nuevas unidades de explotación no fueran divisibles por herencia de un colono entre sus hijos. Supongamos que se ha resuelto el problema de la racionalización de la Agricultura. Hemos creado en nuestro Estado diminuto una mayor capacidad de consumo y, por consiguiente, pretendemos producir más bienes industriales en nuestra supuesta ciudad.

Es cierto que un aumento de producción exige, para un mismo estado de las artes, o de la técnica y de la organización, un aumento de los agentes que intervienen en ella. Serán precisos mayores cantidades de materias primas, de energía eléctrica, de carbón, de mano de obra y técnicos, de mayores cantidades de cemento para los nuevos edificios, de nuevas máquinas, etc., etc. Si las materias primas son minerales, es a la Sociedad minera que nos dirigiremos para pedirle mayor producción, e igualmente nos sucederá con el carbón. Y para más producción de energía eléctrica necesitaremos más cemento y más máquinas en definitiva, productos siderúrgicos para las máquinas y carbón para el cemento y para la siderurgia, o en una central termoeléctrica, carbón y máquinas. Tanto para edificios como para máquinas, necesitaremos empezar forzando la producción de carbón y luego la de los productos siderúrgicos, o sea, que habría que comenzar por las industrias base.

En cuanto al agente hombre, podemos partir de la consideración simplificadora de que la mano de obra que sobre en la agricultura, ganadería, etc., se trasladará a trabajar a las empresas mineras, siderúrgicas, etc., y que, prescindiendo del tiempo necesario de aprendizaje, no constituiría su formación profesional un problema.

Pues bien, vemos que se ha de forzar la producción de carbón, de energía eléctrica y de productos siderúrgicos de tal modo que cualquier industrial trabaje sabiendo que contra su pedido, hasta telefónico, inmediatamente de un almacén se le va a servir el carbón que solicita, o el laminado que ha de utilizar, o bien puede contar con la energía eléctrica que necesita para la producción que desee alcanzar.

Ahora bien, ¿cómo aumentarán la producción la empresa minera y la empresa siderúrgica? ¿Les interesa aumentar la producción cuando hay escasez? Son dos preguntas de gran importancia.

En cuanto a la primera, el modo de aumentar la producción será para un mismo estado de las artes, es decir, sin mejoras técnicas, pues podemos considerar por el momento que poseemos unas instalaciones ultra-modernas y un mismo estado de la organización, o sea, que nuestros técnicos han logrado aplicar los mejores sistemas de organización y la productividad es realmente alta; pues bien, en este caso, la manera de ampliar la producción no será renovar, modernizar y organizar lo que se tiene, sino ampliar, o sea, construyendo una planta igual a la que se tiene, si queremos doblar la producción, o doble, si queremos triplicar ésta.

¿Quién va a financiar esa construcción de esa o esas nuevas plantas, nuevos pozos de carbón, lavadores, etc.? ¿El Banco de nuestra diminuta ciudad? ¿No se opondrá entonces la Sociedad minera o la siderúrgicas a que alguien le haga la competencia? ¿Y si, como es bastante fácil y bastante real, el Banco tiene intereses en las Sociedades, no preferirá el mismo Banco que no se produzca el hecho de las nuevas instalaciones, ya que de la escasez se desprenden mejores beneficios?

Cualquiera de nosotros buscaría obtener los mayores beneficios con la escasez. No es fácil su financiación porque no interesa ni a las empresas establecidas, ni al Banco que está en ello interesado. ¿Cómo financiarlo sin el Banco de nuestra ciudad? No hay otro camino que en tanto la escasez dure, y por lo tanto, el mercado lo permita, el beneficio excesivo que la situación de monopolio produce, sea reconocido como legítimo por el Estado, y libre de cargas fiscales que lo reduzcan en tanto que se invierten en la amplificación necesaria.

Si así se obtiene la ampliación de las industrias base, de energía eléctrica, carbón, siderúrgica, cemento, abonos químicos. Mediante la reinversión de los beneficios, dejando libres los precios. Si quisiéramos después ampliar las industrias secundarias, nos veríamos también con el mismo problema, sólo solucionable con mecanismo apuntado de declaración sucesiva de precios libres, reconocimiento de los beneficios y ampliación de capital legítimo y libre de impuestos, forzando en cambio el importe de los impuestos sobre reparto de dividendos y sobre la renta individuol, lo que a la larga producirá al Estado mayores ingresos.

Por otra parte, la puesta en tensión del país a la mayor capacidad de financiación se consigue dentro de una política inflacionista, moderada, evitando las fluctuaciones en lo posible mediante la intervención de la moneda, llevada por un Banco emisor, propiedad del Estado. Y una política de inversiones estatales opuesta a las fluctuaciones, más un sistema de seguros sociales que de un modo análogo al Plan Beberidge procure mayor disponibilidad de medios de compra en el mercado, en los mo-

mentos deflacionistas. Pero, ¿y si no se aumentara la producción? Sólo si un sistema monopolista en un campo de la producción impidiera sistemáticamente con su no ampliación la expansión de la industria en general o, sencillamente, el aumento de producción necesario, bien por mala fe o bien por incapacidad para cumplir un plan previsto de ampliación y para cuyo objeto se había admitido que los beneficios quedaran exentos de tributación fiscal, entonces el Estado debería proceder a su expropiación, nacionalizando las instalaciones de que se tratara.

En el caso de que la industria pueda mejorarse renovando sus plantas, su maquinaria o mejorando su organización, se plantea en parte el mismo problema de financiación, agravado con el criterio falso de no saber considerar lo que debe ser una amortización desde el punto de vista fiscal. Y con esto entramos en el terreno de la realidad, abandonando nuestra imaginada ciudad.

Decimos, pues, que cuando una máquina envejece, hay que substituirla por otra que seguramente valdrá más por dos razones: porque normalmente suele ser más compleja, por más perfecta, y porque en general la moneda tiene a largo plazo siempre tendencia a depreciarse y no puede considerarse una ampliación de capital, lo que no es sino substitución del viejo.

Hemos pasado ahora de la proyección disminuída de la ciudad aislada de con Thünen a la realidad, a la complejidad de nuestro país. Vemos que entonces adquiere enorme importancia el transporte. Y esto es así por la configuración geográfica de la Península. Y por la distribución de la riqueza agraria, minera, industrial, etc., que está preferentemente situada en las regiones del litoral, separadas unas de otras por grandes cordilleras y unas altiplanicies en general pobres.

Por otra parte, aparece como nueva complicación para nuestro estudio el mercado exterior. De la misma manera, las sociedades bancarias, industriales, comerciales, etc., etc., no vendrán, como en la pequeña ciudad, representadas por una sola entidad en cada especialidad, sino que se nos presentan, al menos aparentemente, como sociedades independientes en un mercado competidor. Desaparecen, pues, los monopolios supuestos anteriormente.

Por otra parte, y también en el campo de la realidad, vemos que el Estado, al intervenir en la producción, intervención de precios y venta de los bienes, ha creado en la realidad una burocracia, no solamente no productiva, sino antiproductiva. Transformándose así en un participante absolutamente injusto de los beneficios.

Por otra parte, las cargas sociales impuestas son demasiado elevadas para los servicios que prestan a los beneficiarios de los mismos. Siendo, no obstante, absoluta e indiscutiblemente justas en su idea y origen, es preciso que no degeneren en servicios que, al ser prestados por el Estado, no tengan posibilidad de sufrir la competencia de otros. Y que, por lo tanto, los profesionales que sirven al público, pueden siempre ser escogidos por éste, cobrando aquéllos proporcionalmente al número y calidad de los servicios prestados. La inamovilidad de quienes rinden un servicio público, les hace tender a despreciar a éste en lugar de servirle, como corresponde a quien paga. Dando lugar, además, a una carga exagerada sobre los precios de coste de los bienes producidos, lo que se justificaría si fueran muy eficientes los servicios prestados. Económicamente supone esto una disminución de consumo de bienes no suficientemente compensada con el aumento de consumo de servicios.

En cuanto a los transportes, por las razones arriba aducidas de carácter geográfico y por las consecuencias de no haber podido adquirir durante mucho tiempo los materiales necesarios para su renovación, y en general debido a funcionar nuestra industria a media marcha, tienen que ocupar los transportes, como las industrias básicas, una primera fila entre las soluciones que con carácter urgente hay que buscar.

El comercio exterior es otra complicación más sobre nuestro primer esquema. En el fondo, naturalmente, hay dos problemas: un primer problema, que es saber vender, y además un segundo, que es como contrapartida de lo vendido: comprar según un orden de preferencia y de interés cuando se puede. Porque a veces, para colocar nuestras mercancías, se nos imponen otras que no responden a nuestro interés. Es, pues, preciso vender por debajo del precio de la competencia, para que interese tanto al extranjero comprarnos que no haya en la contrapartida imposición de productos que no responden a nuestro futuro plan de industrialización. Pues esto tiene la misma relación de trascendencia e importancia para la Economía Nacional, como la que haya entre la importación de 20.000 automóviles de lujo, a la importación de 20.000 tractores.

Las ventas y compras internacionales se rigen por principios análogos a los de particulares, y cuando no se puede vender o comprar al contado, se debe vender o comprar a plazos.

En cuanto a la situación de monopolio interior, no podemos perder totalmente la visión y las conclusiones derivadas de la pequeña ciudad, proyección disminuída de nuestro país, porque a través de muy pocos Bancos existe un gobierno de la gran mayoría de nuestra industria. En algunos sectores, como por ejemplo, el siderúrgico, es en todos los países que el gobierno está en muy pocas manos, debido a la enorme cantidad de capital necesario para el establecimiento de una planta siderúrgica. Si no existe un monopolio, en todos los países existen convenios, conocidos o no, que reemplazan con ventaja aquella situación.

CONCLUSIONES

1.ª Necesidad de ampliar hasta el punto de mínima suficiencia las producciones de energía eléctrica, de carbón, de productos siderúrgicos, de cemento, de abonos químicos, y los transportes, según un *Plan Nacional de industrialización general*, elaborado por las empresas interesadas (productoras y consumidoras) y el Estado, formando parte de un Plan Nacional de Reconstrucción Económica.

2.ª Para ampliar y modernizar las industrias-base es preciso, en parte, una financiación mediante beneficios acumulados. Por lo tanto, propugnamos, para lograrla, las siguientes medidas:

A) Declarar libres los precios de los productos básicos, carbón, abonos químicos, energía eléctrica, cemento y productos siderúrgicos; conservándose, no obstante, una distribución ordenada de los mismos mientras la producción sea deficitaria, o procurar importar en los casos extremos que surgieran.

B) Los beneficios extraordinarios obtenidos por las industrias básicas han de quedar en ampliaciones o modificaciones de las mismas industrias o en la instalación de otras, mediante un programa prefijado, de acuerdo con el *Plan Nacional de industrialización general*.

C) Compensar la anterior exención contributiva, buscando la Administración el aumento de otros impuestos, si precisare, ya que las inversiones citadas en el apartado anterior llevan aparejado un aumento de la base tributaria.

D) Intervención específica del Estado en las industrias que por mala fe o incapacidad no cumplan los planes preestablecidos.

3.ª Limitar o reducir al mínimo las importaciones y exportaciones que obstaculicen el *Plan Nacional de industrialización general*. Modificar el criterio excesivamente rígido en las ventas de nuestros artículos en los mercados mundiales, para lograr la venta total de las cantidades que nos convengan. Y ordenar las importaciones según la preferencia del *Plan Nacional de industrialización general*.

4.ª Cambiar el criterio fiscal sobre amortización, etc., de tal modo que permita la renovación de la maquinaria sin carga alguna.

5.ª Orientar la inversión del ahorro particular y de los beneficios industriales hacia empresas que convengan ampliar o instaurar, según un plan complementario de industrialización, mediante una adecuada política económico-fiscal.

6.ª Estudiar una mejora de los Servicios Sociales para disminuir, en lo posible, el importe de las cargas que representan, con el objeto de conseguir una reducción de los precios de coste y con ello una mayor cantidad de adquisición.

7.ª Como al irse liberando los precios será innecesaria la enorme burocracia que en la actualidad sirve al Estado, deberá ser incorporada sucesivamente a otros menesteres, es decir, a la industria, al comercio, etc.

8.ª El Estado debiera crear un Instituto de Crédito Industrial para financiar las ampliaciones y renovaciones de la Industria sin afán alguno de lucro, y una entidad similar encargada de regular, intensificar y financiar la producción agrícola.

9.ª Dejar en libertad los precios en general, una vez conseguida la abundancia de productos básicos.

10. Revisar la legislación del trabajo de tal modo que, como en todos los demás países industriales, sea instrumento adecuado para conseguir la mejora de la eficiencia laboral.

11. Intensificar la eficiencia industrial y laboral, según las conclusiones de las I y II Jornadas de Ingeniería Industrial.

Barcelona, 17 de mayo de 1950.

Después de la lectura del trabajo que precede, el Presidente otorga nuevamente la palabra al congresista Sr. Orvaneja, quien desea, para mejor comprensión del trabajo presentado, exponer alguna opinión aclaratoria.

El Sr. Orvaneja: No digo nada nuevo afirmando que nuestra economía nacional es bastante deficiente. Es de toda evidencia que la economía dirigida no ha dado, en España, los resultados que se apetecían y, vista la experiencia de estos diez años de intervención, soy partidario de la libertad absoluta.

Nuestra industria requiere modernización, que sólo puede conseguirse con una financiación adecuada, que por el actual procedimiento no puede lograrse. Es necesario que las empresas vayan aumentando sus medios de producción en virtud de sus beneficios, y el medio más sencillo de mejorar la producción es que las empresas obtengan beneficios, y que éstos se inviertan en su ampliación.

Aunque debemos aspirar a la libertad absoluta, comprendo que de repente no podemos ir a ella; sería salto muy brusco, cuando hemos estado diez años sujetos a una intervención estatal absoluta, por lo menos, en precios y distribución; mas hay que romper por algún lado.

Evidentemente, no sería justo que dejáramos en libertad completa a una industria, como la siderúrgica, por ejemplo, que, por disponer del monopolio de cierta producción básica, obtendría tales beneficios extraordinarios, si no se la obliga a emplear tales beneficios en su modernización, en su mejoramiento. Sería absurdo que dejáramos en libertad a estas empresas de invertir sus cuantiosos probables beneficios en fincas o en coches, como ha hecho la industria textil en Cataluña, la cual ha empleado seguramente más de mil millones en adquisiciones de ese género al doble de su valor real. Esto sí sería una equivocación; pero si se obliga a invertir los beneficios en ampliaciones necesarias, se obtendría gran ventaja para todo el país. A nadie se oculta que en España la industria siderúrgica, por ejemplo, tiene tres o cuatro veces más personal del necesario para su producción en relación con la industria extranjera, y ello es debido a que toda su maquinaria está muy anticuada.

Si a las empresas textiles se les hubiesen reconocido los beneficios que han obtenido, no se hubieran visto obligadas, por medio de una segunda contabilidad, a invertir esa masa de dinero en la forma en que lo han hecho, y hubieran podido modernizar las fábricas y no se hubieran visto ante graves dificultades para mantenerlas siquiera en el estado deplorable en que se hallan.

No se hace así, y se dice: como este dinero es de todos, podemos cogerlo y llevarlo a en-

tidades paraestatales para crear factorías complementarias que necesita España. Tal vez esté bien esa fórmula, mas parece más lógico facilitar medios económicos a las factorías viejas para que puedan transformarse en nuevas.

Se ha discutido mucho acerca de la creación de una factoría siderúrgica nueva, que soy el primero en desear que sea una realidad en el más breve plazo. Se dice que cuesta mil quinientos o dos mil millones de pesetas. Pues bien, conozco el plan de importaciones: unos trenes de laminación, fundamentalmente; todo el resto se puede hacer en España. La importación supone un gasto de unos veinte millones de dólares, que calculando el cambio a veinte, representan unos cuatrocientos millones de pesetas. Esto quiere decir que no hay que echarse tampoco las manos a la cabeza, pues tales divisas se obtienen con la compra de las naranjas a los naranjeros.

Si hay un medio mejor que el de la libertad, deseo que se nos diga: yo no lo veo. Mientras existan las empresas particulares, deben proporcionárseles medios de que puedan realizar ampliaciones. Hay otro camino, sí, que es socializarlo todo; pero creo que es mejor que demos un poco marcha atrás. Hay países que se desenvuelven muy bien con la libertad económica, y, a mi juicio, es el camino que debemos seguir.

Si se entiende que debe seguirse con intervención, debe distinguirse entre empresa y empresario. A mi modo de ver, la empresa cumple una función social. Ya sé que industrialmente no podemos compararnos con Norteamérica; pero el ejemplo de la "Ford" es aleccionador. Comenzó con un torno, que ni siquiera era suyo, y con sus propios beneficios se ha ido superando hasta convertirse en lo que es hoy: una fábrica modelo, de capacidad tal, que, en un momento dado, puede prestar al propio Estado cooperación importantísima. Y a eso debemos tender nosotros, aunque en la medida de nuestros medios.

Hay quien dice: sí, la "Ford" ha creado una gran fortuna, pero a costa de todos los americanos que han comprado sus coches. Perfectamente, pero es que ese dinero puede volver al Estado, o sea, a los propios americanos, al morir Ford, pero de ninguna manera antes. Mientras la empresa trabaja no debe ponerse trabas a su engrandecimiento. No debe confundirse el enriquecimiento de la empresa con el enriquecimiento del empresario. Y lo que busco por este camino de la libertad, es enriquecer a la empresa, no al empresario.

Un señor congresista: Cuando esta mañana se ha tratado de este punto, me ha parecido que el ambiente general era contrario a que fuesen precisamente estos productos los que se dejaran libres.

El señor Presidente: Ahora estamos, precisamente, en el mismo camino que esta mañana. Varios de los aquí reunidos, entre ellos el señor Entrecanales, proponían que tales productos no se dejaran libres. El señor Orvaneja, como Ponente, mantiene criterio contrario.

Por consiguiente, de lo que se trata es de ver qué criterio prevalece.

El señor Hurtado de Villaurrutia: A mi juicio, no es aconsejable la libertad absoluta de precios en esos artículos básicos, que tienen un cierto carácter de monopolio, pese a lo dicho por el señor Orvaneja. Tal vez sea una excepción el cemento, del cual se ha dicho por el señor Pomatta que hay competencia entre las fábricas. Pero en la energía eléctrica, por ejemplo, decretar la libertad absoluta sería caer en el vacío. ¿A qué precio iba a resultar el kilovatio?

De lo que se trata, en bien de la nación en general, es de buscar un equilibrio, una cierta proporcionalidad de precios. No se trata tanto de suprimir la tasa, sino de que ésta sea de acuerdo con la realidad. Hay tasas tan bajas, que la injusticia es notoria.

Se empleó esta mañana una expresión que considero muy acertada: que había que preparar el terreno para que el paso hacia la libertad fuese suave. Y para ello, lo mejor es que se vaya a unos precios ponderados. Hay productos que han estado fijados a un precio ínfimo, como el cemento, que si hoy abunda, no es porque se produzca mucho ni porque sea económica su producción, sino por el desequilibrio económico que estamos atravesando, que no permite afrontar la adquisición de hierro y cemento para construir.

El Presidente: Este año van a sobrar unas trescientas mil toneladas de cemento; pero no es que todas las necesidades estén atendidas: es que las necesidades actuales deducidas del momento coyuntural son las que están de sobra atendidas. Si el año que viene la coyuntura varía y, por consecuencia, la industria de la construcción demanda más cemento, sobre todo con cierto carácter normal, que hoy no existe, no habrá bastante.

El señor Hurtado de Villaurrutia: Por voz autorizada se ha expuesto aquí que ha habido un excedente amplísimo de cemento y de hierro, y que obedecía tal fenómeno a que no se construían viviendas porque no ofrecían compensación económica al capital. La realidad es que

entre el precio de tasa del cemento y el que resultaría con una libertad absoluta, habría enorme diferencia. Todos sabemos que el precio del cemento gira alrededor de doce pesetas.

El Presidente: Hoy existen ciertas compensaciones que influyen para que el precio de tasa se acerque mucho al precio del mercado negro. La diferencia es sólo de un veinticinco por ciento, aproximadamente.

El señor Aracil: Esta mañana se leyeron las Conclusiones y hubo discusión acerca de si debieran ser estos o los otros productos. Es muy expuesto concretar. Si queremos llegar a una armonía, este párrafo tendrá que redactarse de manera cuidadosa. Somos muchos los que estamos en contra de que se matice respecto a este punto. Esta mañana, el señor Entrecanales se refería a la riqueza rústica, y yo voy a decir que tengo un gráfico —porque mañana se va a tratar del asunto en otra Ponencia— en que figura toda la valoración de la riqueza española, y en él se ve, por ejemplo, que la riqueza rústica figura con una altura de diez centímetros, y la industrial es algo de tipo milimétrico. Por eso, repito, que no nos vamos a poner de acuerdo. Lo mejor es no matizar.

El señor Orvaneja: El problema fundamental de España es la falta de máquinas; no tenemos factorías. La siderurgia es elemental; sin ella no podemos atender las necesidades de máquinas para la agricultura, etc. ¿No son de gran necesidad a nuestra agricultura los tractores?... Por eso, aunque en los gráficos la industria aparezca como poco importante, no importa. La realidad es que hemos de empezar por mejorar la producción siderúrgica y la metalúrgica, a fin de que las demás actividades de la nación puedan desenvolverse.

Insisto en que mi posición es de defensa de la libertad de precios, pero que me doy cuenta de la imposibilidad de ir a ella de repente. Y, si han de fijarse precios, que no sean tan bajos que se considere a las empresas como enemigos del país, sino que permitan margen bastante importante para que puedan las industrias renovar su maquinaria.

El señor Pagola: Conforme con el señor Orvaneja en que lo mejor sería la libertad de precios; pero, hoy por hoy, no es posible.

Estamos conformes con lo dicho acerca de que se confunde el concepto de empresa con el de empresario. Ha habido empresas, respecto de las cuales es difícil saber quién es el empresario, que han marchado muy mal, en conjunto. En cambio, han existido otras, cuyo empresario ha sido una sola persona o una familia, que se han desenvuelto magníficamente, y que, a pesar de estar mal equipadas, han ganado millones, pero no han podido mejorar, debido a la actual legislación de beneficios extraordinarios, de amortizaciones, etc.

Por esta conclusión, se pide que se dejen en libertad los productos básicos, y, posteriormente, se solicita que, cuando se pueda, se vaya a la libertad de precios en general. Este criterio es contrario al que ha venido siguiendo desde hace algunos años el Gobierno: la libertad de abajo hacia arriba, que, indudablemente, es más racional.

Si se dejan libres los productos básicos y se tasan los manufacturados, será peor el remedio que la enfermedad, porque conocidas son las cargas que gravan las manufacturas.

El problema que se crearía a los talleres de manufacturas sería gravísimo: productos básicos libres, luego, una reglamentación oficial complicada, y, al final, un precio tasado. Resultado: que se encuentran obligados a falsear las cosas.

El caso del papel es la demostración del fracaso de una economía dirigida. El esparto ha sido dejado libre, en vista, sin duda, de que era imposible evitar que se burlara el precio oficial, que era rebasado quince o veinte veces.

Para fabricar un kilo de cuartillas, tasadas en 5,50, se necesitan dos kilos de esparto, que cuestan nueve pesetas. Naturalmente, tienen que faltar a las disposiciones y valerse de toda clase de ardides.

Otro dato curioso. Las Cortes Españolas, hace aproximadamente un año, aprobaron una Ley de Ayuda al Libro Español, y la ayuda consiste en que este papel, tasado en 5,50, seis y hasta siete pesetas kilo, según la clase, se pueda comprar a doce pesetas. Y así se da el caso de que el fabricante de papel, ante quien se presenta un ciudadano cualquiera, como cliente, le extiende una factura que dice: a 5,50 kilo, según orden de tal fecha de la Secretaría General; y, si se trata de un editor español, estampa un sello diciendo que, según Ley de las Cortes Españolas de Ayuda al Libro Español, 12 pesetas.

Esto, señores, representa un fracaso de la economía dirigida.

Desde luego, abundamos en el criterio de que la tendencia actual es la de ir a una libertad absoluta; pero actualmente no es posible afrontar tal riesgo. Por ello, estimamos que la conclusión, en su actual redacción, es peligrosa. Creo acertado que se vaya a una mayor libertad que permita el beneficio lógico y natural de la empresa, encaminado a la mejora de sus instalaciones.

El señor Orvaneja: Por mi parte, no hay inconveniente en que se redacte en la forma que se deduce de las últimas palabras de mi compañero, el señor Pagola.

El Presidente: Creo que estamos todos de acuerdo. El espíritu de todos, incluso del Ponente, es que, en vez de pedir la libertad de precios, se marque simplemente una tendencia de libertad, empezando, naturalmente, por las partes básicas ya elaboradas y llegar hasta las primeras materias, en lugar de comenzar por las materias primas. ¿Conformes? (Muestras generales de asentimiento.) *Queda así acordado.*

La segunda parte de la Ponencia, que dice: "Conservándose...", etc. Queda sometida a discusión.

El señor Orvaneja: Respecto de este punto de la distribución, he de manifestar que se defendió en Barcelona porque, como estamos en un régimen de monopolios pudiera suceder que las empresas monopolistas distribuyeran libremente a las que fueran filiales suyas, en perjuicio de las demás. Por eso se defendió este párrafo. Tal vez ellos lo defendieran mejor que yo, pero, en fin, queda expuesto el criterio.

El señor Entrecanales: Debemos procurar no aparecer como que sólo nos interesan las empresas industriales. Por eso, entiendo que debería decirse que la tendencia sea de libertad en todos los precios, siempre que las circunstancias de suficiencia lo aconsejen; porque si no lo aconsejan, no se puede aspirar desde un punto de vista nacional a que haya libertad de precios. Si hay suficiencia, sí.

Evidentemente que el equipo maquinal es importante; pero hay que tener presentes también otras circunstancias. Es muy posible que tengamos necesidad de comprar acero a la Europa Occidental, de los ocho millones de toneladas que le sobran. Y si nos fuerzan, tendremos que hacerlo, ya que actualmente las naranjas pueden comprarse también en Argelia y en Marruecos.

Ahora también está sobre el tapete el "cartel" franco-alemán. Si llega a ser realidad, no podrá subsistir la industria pesada española.

España es productora de divisas sólo por su agricultura, y no tenemos más remedio que estar a bien con la Europa Occidental, que es la que consume nuestros productos y a la cual tenemos forzosamente que comprar. Y bien está que se tomen divisas para equipar, pero no lleguemos a bloquear una riqueza que es precisamente la base de nuestro comercio exterior.

El señor Pagola: Encuentro muy interesantes las manifestaciones que nos ha hecho el señor Entrecanales, y estimo que, como mañana hemos de tratar de la intervención del Estado, ahora deberíamos dejar a un lado lo de la distribución y dar a la conclusión una redacción más flexible, sin detallar en qué productos.

El señor Secretario: Para lograr la libertad de precios y que el camino sea suave, los precios tienen que llegar a un equilibrio previamente.

Al señor Entrecanales le he oído varias veces explicarse como si tuviera el temor de que en todos los problemas que se plantean se tendiese a favorecer al sector industrial. Éste es problema ya antiguo. Antes de la guerra ya se planteaba con la siderurgia y con las minas de carbón. En Valencia, incluso, se publicó un folleto en el que se decía que las minas de carbón tenían privilegios excepcionales.

En España tenemos cierto margen de autarquía, y, efectivamente, si hubiera cordialidad mundial, sería absurdo —como decía el señor Entrecanales— tener más industria siderúrgica, cuando, posiblemente, nos van a mandar hierro; como sería absurdo explotar minas antieconómicas. Ahora bien, no perdamos de vista que confiábamos en que Inglaterra nos iba a enviar carbón y ha llegado un momento en que no lo ha mandado, y, si no hubiéramos tenido carbón nacional, nuestra industria se hubiera encontrado en un grave aprieto.

En resumen, creo que debe tenderse a una libertad de precios en general, y que, de momento, el consejo del Congreso debe ser tender, en lo posible y en lo que sea conveniente, a una determinada proporcionalidad de precios.

El señor Presidente: Al señor Entrecanales he de decirle que, al actuar el gobernante sobre alguno de los medios productores de riqueza para incrementar la renta nacional, se fija fundamentalmente, no en la repercusión inmediata, sino en la repercusión en el conjunto. Por eso, he de añadir que estoy de acuerdo con él en mucho de lo que ha dicho.

Respecto de la segunda parte, parece existir conformidad en suspender lo de la distribución.

Vamos a tratar, pues, del párrafo que trata de si las empresas, al desarrollarse, podrán utilizar sus beneficios extraordinarios obtenidos por su nuevo equipo, sin necesidad de que

el Fisco detraiga de esos beneficios una parte para incluirla con todos los ingresos nacionales que van al Presupuesto.

El señor Entrecanales: El problema del equipo, en general, es muy complicado y no creo que podamos tratarlo nosotros, y menos con esta ocasión. Es un hecho cierto que el mismo sólo puede hacerse por medio de divisas, y que éstas no se pueden producir por la mera producción de pesetas. Por otra parte, no es posible producir bienes de capital con la peseta de papel...

El señor Fernández Casares: Estamos discutiendo sobre industrias básicas. El Estado español, en el momento actual, no puede ocuparse más que de industrias básicas, porque lo que sea de lujo no debe considerarse. No podemos discutir sino sobre cosas fundamentales e imprescindibles.

El señor Garau Ríu: Se trata de ver si se pueden invertir los beneficios extraordinarios, o no extraordinarios, en la reposición o ampliación, y lo primero que debe hacerse es definir qué se entiende por beneficios, porque hoy se da el caso de que las empresas no obtienen beneficios, aunque sí los obtengan los empresarios. Y, como no se reforme toda la ley fiscal, no veo el medio de que pueda resolverse este problema.

El señor Presidente: Eso sería cuestión de procedimiento fiscal, que es cosa distinta.

El señor Secretario: Es indudable, señor Garau, que la Hacienda recarga sobre unos supuestos beneficios que son auténticos.

El señor Garau Ríu, en el trabajo que mereció el primer premio de las "Jornadas Industriales", de Barcelona, hablaba de este asunto. Propone la supresión de la tarifa tercera. También en la Comisión que nombró la Asociación de Ingenieros Industriales, de la cual yo formaba parte en Madrid, para estudiar la reforma de las sociedades anónimas, y que presidió nuestro Secretario General del Congreso, señor Alonso Viguera, se trató de este asunto, y un compañero, Ingeniero Industrial de Hacienda, planteaba de manera similar a como lo hace el señor Garau este problema, o sea, valorando el activo siempre en las mismas condiciones, de modo que permitiera un tanto por ciento de amortización distinto, girando al mismo ritmo que la desvalorización de la moneda.

Hay distintos sistemas. Desde luego, algo hay que hacer con el fin de que la Hacienda no cobre sus contribuciones sobre unos supuestos beneficios.

El señor Garau Ríu: Es muy difícil determinar los beneficios de las empresas, porque todas las contabilidades son falsas en el sentido de que son rutinarias. Hablo del beneficio de las empresas, independientemente del beneficio fiscal que pueda encontrar el Estado. Empresas que han ganado millones, y que por los libros no han ganado nada.

El Presidente: Aquí se trata de beneficios que puedan obtener las empresas actuales por poseer equipo nuevo, para poseer el cual se le ha concedido una ayuda que proviene del Estado y, por consiguiente, de otros medios de producción; y se desea que parte, o todos esos beneficios se destinen a la renovación del equipo y a la mejora de la empresa.

El señor Orvaneja: A mi modo de ver, tienen que desligarse los conceptos de empresa y beneficios de empresa. Mientras los beneficios se empleen en mejorar la empresa, deben ser respetados; pero cuando el dueño, los accionistas, retiren algunos fondos de estos beneficios porque repartan dividendos o porque sean propietarios y simplemente los retiren, entonces es cuando debe intervenir el Fisco para llevarse la parte que debe corresponder al Estado.

Mientras la empresa vaya acumulando bienes, debe dejársele libertad de poder hacer, porque es la única manera de enriquecer el país. Reconozco que quizá sea una posición un poco radical.

El Presidente: Todas estas conclusiones son demasiado concretas, y nosotros, en un Congreso de Ingeniería, lo que debemos hacer es marcar tendencias.

Quizá la solución sea marcar la tendencia, que, en definitiva, no es más que la tendencia a modificar el sistema fiscal actual, susceptible de mejora, que pudiera quedar sintetizada, de acuerdo con los deseos de la Asociación de Ingenieros Industriales, de esta forma: que los beneficios extraordinarios puedan ser utilizados para la ampliación de la propia industria como fuente de autofinanciación.

El señor Entrecanales: Las empresas parece que son unos entes jurídicos que quieren olvidar a los accionistas, y el gerente, imbuído en su poder político y de su saber, aspira a que los accionistas no le molesten y se olviden de que son dueños del negocio. Y, si a los accionistas existentes no se les permite ganar dinero, no se encontrarán nuevos accionistas por muy inteligente que sea el gerente.

Si, cuando llega el momento de obtener dinero los accionistas, llega el Estado y se lo recoge, no puede haber accionistas.

Insisto en rogar a la Mesa la máxima vaguedad en la redacción de esta conclusión.

El señor Frigola: No soy partidario de la redacción que se propone, porque resulta que nos ponemos en abierta contradicción: por un lado, pedimos la libertad de precios, y, por otro, que se intervengan los beneficios de los empresarios. No hay conclusión.

El señor Fernández Salaverri: Un accionista obtiene beneficios lo mismo cuando los reparte que cuando sus acciones valen más. Si uno es propietario de una empresa en que se ha hecho un ahorro, y, por lo tanto, tiene un activo mayor, sus acciones valen más, y no se le perjudica; lo único que se hace es retrasar el momento en que pueda percibir el beneficio, y tampoco, porque para eso está la Bolsa, donde puede hacerlo efectivo.

La revalorización de activos es cosa importantísima, porque es preciso que se opere en todo con la verdad. En cuanto nos apartamos de la verdad, todos son inconvenientes. Y no veo dificultad alguna para que se dé un período de libertad a las empresas, a fin de que pongan la verdad en sus libros.

El Presidente: Voy a ver si condenso la cuestión, ya suficientemente discutida.

La redacción de esta conclusión podrá ser concebida en un sentido orientativo de que a todas aquellas industrias que desarrollen sus medios de producción en forma tal que obtengan un incremento de la fabricación por el mejoramiento de sus instalaciones, o porque obtengan un incremento de su producción, merezcan una cierta liberalidad por parte del Estado para que puedan dedicar parte de estos ingresos que obtengan en forma exenta de impuestos o de detracciones, y dejar para otras Mesas, que me parece lo van a tratar mañana, el problema de la intervención del Estado en la industria y lo de si se suprime o se atenúa la tarifa tercera. ¿Se acuerda así? (Muestras de asentimiento.) *Queda acordado.*

La 3.ª conclusión dice: "Limitar o reducir al mínimo...", etc.

El señor Aracil: La Mesa lee unas Conclusiones que entiendo que no pueden ser consideradas definitivas, sino meras propuestas de un sector.

El Presidente: Efectivamente, y estamos aquí para aprobarlas o modificarlas. Además, puede ocurrir que incluso algunas de las conclusiones que aprobemos sean incompatibles con otras aprobadas por otras Mesas. Por eso, ninguna de las conclusiones que aprobemos tienen carácter de definitivas.

El señor Orvaneja: Con todos los respetos debidos a quienes dirigen la economía exterior, a veces se lleva demasiada rigidez al fijar los precios para la exportación.

Como Presidente de Compañía dedicada a exportaciones, puedo aportar el testimonio de que, a veces, no es posible realizar operaciones bien planeadas porque, cuando se firma la autorización correspondiente, ya han cambiado las circunstancias de los mercados o el valor de la moneda.

Es necesaria mayor elasticidad de precios para intervenir en el comercio internacional. A eso tiende este párrafo; a modificar el criterio excesivamente rígido en la venta de nuestros artículos en los mercados mundiales, a fin de lograr la venta total que nos convenga. Ya ha ocurrido tener que quedarnos con una buena parte de naranjas, almendras y avellanas, por esta causa.

El Presidente: Son muy atendibles las razones expuestas por el Ponente, y creo que en este caso podemos ser un poco más concretos, si, efectivamente, se ha de ir a una intervención en la aplicación de las divisas. No debemos referirnos al plan porque, seguramente, pasarán muchos años sin que tenga aplicación. Ahora bien, sí creo que podemos establecer una discriminación en la aplicación de divisas obtenidas de la importación, que es diferente. Sobre esto es sobre lo que aquí debemos pronunciarnos.

El señor Entrecanales: Estimo que deberíamos propugnar por un plan general de ordenación económica. Es decir, que las divisas puedan favorecer a todas las actividades del país.

Soy de Canarias, donde la exportación de plátanos y de tomates produce gran cantidad de divisas. Pues bien, se requiere allí maquinaria, porque los plátanos se exportan ya de una manera casi industrializada, y no se nos concede. Por eso, si se distribuyen con arreglo a un plan general de industrialización, nos parecería muy bien, como españoles y como ingenieros.

El Presidente: Yo preguntaría al señor Entrecanales si sabe en qué invierten las divisas correspondientes al tanto por ciento que se les deja para utilizar libremente a los plataneros y tomateros.

El señor Entrecanales: Los productores de plátanos no disponen de divisas. Serán los exportadores, y no sé lo que harán con ellas.

El Presidente: Creo que debemos orientar nuestra conclusión en el sentido que antes expuse.

El señor Orvaneja: Las divisas deben dedicarse a atender las necesidades de este plan nacional que se pide.

El señor Soler: Coordinar el comercio exterior y las divisas que él mismo produce de acuerdo con los supremos intereses del plan nacional. Coordinar el comercio exterior, tanto en cantidad y calidad de productos como en la aplicación de las divisas que se obtienen.

El señor Secretario: Es natural; en eso todos estamos de acuerdo. Las divisas deben invertirse exclusivamente en cosas de interés nacional, y hay que distribuirlas en la forma más justa posible. Ahora bien, como las divisas son siempre escasas, por muy buena voluntad que haya, la distribución siempre será difícil, y la forma más fácil de repartirlas es que esas divisas se den a su verdadero precio, o, por lo menos, a un precio aproximado al real. Es indudable que si el precio se aleja mucho del real, habrá muchos que por necesitar perentoriamente las divisas, las deseen. Si en la obtención de las divisas no se ve un gran negocio, será más fácil su distribución.

Propongo, pues, que, además de esas consideraciones generales, se agregue que las divisas tuvieran un valor lo más próximo posible al real en aquel momento coyuntural.

El señor Arespacochaga: No veo el problema en el precio, sino en el reparto de las divisas. Debemos desear que se distribuyan bien, pero sin concretar hacia qué parte de la economía deben dirigirse.

El señor Cantero: En dos extremos estamos de acuerdo; en que se producen menos divisas de las que debieran producirse, y en que las que se producen se reparten mal.

Como ya se ha dicho aquí, la manera de aumentar la producción de divisas es exportar la totalidad de los excedentes exportables, cualquiera que sea el precio que los mercados exteriores paguen y que se compense, en su caso, con primas o por otro procedimiento, al productor para que pueda continuar su empresa. Continuamente se están perdiendo millones y millones por buscar determinado precio, y ello es muy grave.

El señor Orvaneja: Podíamos dejar la primera parte igual, y añadir: "y ordenar las importaciones según la preferencia". Porque supongamos que hay en el plan una fábrica de nitrogenación, pues lo primero que necesitamos son las divisas para importar nitrógeno y poder exportar. Tal vez la causa principal de nuestra mala situación económica actual dimane del hecho de que desde 1939 hasta el año 48 no se ha importado más que el 15 por 100 del nitrógeno total necesario en España.

El señor Fernández Casares: Abundo en el criterio de que no tenemos más remedio que dejar un margen de confianza a quien haga la distribución de las divisas.

El Presidente: En las cuestiones comerciales es donde juzgo que es menos acertada la intervención del Estado, porque se requiere una flexibilidad y una diligencia que los organismos oficiales no pueden nunca tener. El hecho harto frecuente, como ya se ha indicado aquí, que muchas veces, cuando se logra formalizar la autorización, ya no puede efectuarse la operación, porque han variado las circunstancias o el producto se ha vendido a otra persona.

Podría incluso llegarse a la fijación de un plazo máximo para la resolución de estas autorizaciones de importaciones y exportaciones.

Creo que el asunto ya está bastante discutido, y podemos referirnos a la rapidez, a la cuestión de precios, a la flexibilidad comercial y tratar de marcar la tendencia de que la distribución de divisas se aplique con un criterio lo más justo posible, de acuerdo con las necesidades de la economía nacional.

El señor Orvaneja: El Instituto Nacional de Industria ya tiene un plan, que es muy interesante.

El Presidente: ¿Se acuerda que se haga especial mención de una tendencia hacia la liberación del comercio exterior?

El señor Entrecanales: Creo que no puede decirse eso.

El Presidente: Precisamente estoy trabajando, en unión de otros señores, en la elaboración de un proyecto que interesa al Estado, y se trata en él de señalar un camino hacia la libertad del comercio exterior a base de crear una sociedad en la que tengan participación el Estado español, los Estados extranjeros con los que se efectúe el comercio en cada caso

y la industria privada. El propio Gobierno, pues, ha recogido la necesidad de que en algunos casos concretos exista mayor flexibilidad en el instrumento de comercio que la que ofrece la Dirección General de Comercio, actualmente.

El señor Entrecanales: Las empresas paraestatales me dan mucho temor. Hoy todavía no estamos en condiciones de dar libertad al comercio exterior. Se nos invadiría España de coches y de otros artículos innecesarios, aunque para ello se hiciera el cambio a cien pesetas por dólar. Y eso no se podría corregir con los derechos arancelarios.

El señor Frígola: Con la libertad del comercio exterior se evitaría el mercado negro de divisas.

El señor Cantos: Ajustar el sistema de cambios a las necesidades actuales, abreviando los trámites indispensables y con tendencia a la liberación del comercio, con miras al plan nacional.

El señor Entrecanales: Hay que tener presentes las necesidades de industrialización y las necesidades nacionales.

El Presidente: Con miras al plan nacional, cuando se confeccione.

Se acordó modificar el criterio excesivamente rígido en las ventas de nuestros artículos en los mercados mundiales, para lograr la venta de las cantidades que convenga.

Quedó suprimida la conclusión 5.ª

Leída la 6.ª, dijo:

El señor Amín Soler: Podría buscarse una fórmula estudiando las cargas sociales, de modo que no repercutan directamente en los costos de producción, como en otros países.

El Presidente: Lo que hace el Gobierno, al aplicar estas cargas, es detraer con carácter forzoso una cantidad, en previsión de un futuro lejano y en forma no suficientemente segura para el trabajador.

¿Vamos a pronunciarnos en el sentido de que las cargas son grandes e injustas en algunos casos, o, por el contrario, en que no recaigan sobre los precios de costo? En España la mano de obra es cara, porque hay industrias en que el recargo llega al 167 por 100 sobre el jornal.

El Ponente (señor Orvaneja): Los servicios son malos, y hay muchas personas que están descontentas. Por tanto, hay que estudiar una mejora.

El señor Entrecanales: Lo que se debiera proponer únicamente es que se estudie, si, pasando el jornal del domingo a jornal real, se podría estudiar su funcionamiento de modo que se redujera en parte.

Hay que darse cuenta de que ha subido el salario dos veces y media con relación a 1940, y que hay cargas sociales que no se perciben.

El Secretario: Conforme en que los seguros sociales no pueden suprimirse. Hay que buscar su menor costo, según se acordó en las Conclusiones de la primera sesión, diciendo: llegar a gravámenes más uniformes en el campo de la previsión y dentro de las posibilidades que marque el precio de costo. Es indudable que el coste, fundamentalmente, viene de la diversidad de los gravámenes.

Presenté un trabajo en el que indicaba la conveniencia de que el productor estuviese asegurado, agregando que debe ser atendido con urgencia, cualquiera que sea el lugar de trabajo o paro y el paraje, en el sentido más amplio, en que se encuentre en el momento de ocurrir el hecho y cualesquiera que sean las circunstancias que concurran.

En los gastos de seguro figura el de las entidades aseguradoras, y también el de las empresas para tener todo el trámite corriente, lo cual supone un doble gasto.

Al segundo punto digo que urge buscar una fórmula fácil y equitativa de recargo automático.

Lo que debe hacerse en la cuestión de seguros sociales, es lo que haría un padre de familia para calcular lo que tiene que separar de los ingresos familiares para previsión de su casa. Calcular la renta nacional. Separar la cantidad conveniente para tales atenciones. Prorratearla entre las diferentes seguros sociales, empezando por los imprevistos; luego, enfermedad; después, los previsibles, como vejez, y, por último, el subsidio familiar. Y ese dinero, repartirlo. Para cubrirlo, la fórmula más fácil es el recargo de la contribución.

Hay que saber lo que el cuerpo social puede resistir por seguros. Luego, simplificar, y después, una fórmula de fácil aprovechamiento de esos beneficios, para que el obrero nunca pueda dejar de percibirlos.

Los subsidios familiares y los pluses de empresas deben unificarse. Esto se debe encomendar a empresas privadas o mixtas.

El subsidio familiar no tiene complejidad, por lo que puede unificarse perfectamente con los pluses.

El Presidente: La redacción de la Ponencia recoge perfectamente lo dicho: estudiar la mejora de los servicios sociales, para disminuir el importe de las cargas que representa, para conseguir reducción en los precios de coste. La primera parte se puede dejar y suprimir lo demás.

Se acordó suprimir a partir de "con objeto...", y quedó lo anterior aprobado.

Leída la 7.ª, propuso la Presidencia la supresión de la última parte.

El señor Benlloch (D. José): Mientras el Estado sea gestor de los seguros sociales, resultarán carísimos. Debemos pronunciarnos por que en adelante esto se confíe a empresas particulares.

El señor Ponente: Es una marcha atrás, imposible de realizar.

El señor Benlloch: Que se tenga en cuenta en lo sucesivo.

El señor Entrecanales: Eso es irrealizable, porque la mayoría de los empresarios españoles no pueden administrar seguros, particularmente la riqueza rústica.

La única manera de que la justicia sea distributiva es que lo tenga el Estado, aunque sea costoso.

El Presidente: El señor Benlloch se ha referido a la administración de los seguros, exclusivamente. Ya lo han iniciado algunos Montepíos.

Un señor congresista: Cabe la iniciativa privada, sin perjuicio de la debida intervención del Estado. Pasaría la administración a las empresas privadas, de mayor rendimiento, conservando el Estado todas las garantías.

El Presidente: Me parece acertado; el seguro social es un monopolio del Estado, pero podría delegar su administración.

El señor Pagola: En accidentes son corrientes las mutualidades, que nos han devuelto en Guipúzcoa hasta el cincuenta por ciento de las cuotas. Ahora, esto ocurre aquí con duplicidad de servicios.

Hay al mismo tiempo el subsidio familiar y el plus de cargas familiares, que responden al mismo fin. Luego, el subsidio de vejez y la jubilación de los montepíos, que parecen incompatibles.

Parece que del subsidio familiar no llega ni un diez por ciento a los beneficiarios que trabajan en las industrias, sino que el noventa y tantos por ciento va a los obreros del campo y al fondo de administración. Hay que unificar y mejorar en lo posible el coste.

El señor Benlloch: Se buscarían entidades, como lo hacen las compañías de seguros de accidentes, de modo que resulta más barato.

El Presidente: En el extranjero se cubren los mismos seguros que en España, con un porcentaje más bajo. Es la Administración la que recarga estos seguros.

El señor Fernández: El seguro de enfermedad, en muchos casos, no está cubierto.

El señor Lapuente: Lo dicho por el señor Benlloch debe ser recogido. Como aspiración de los Ingenieros, creo que debe figurar aquí.

El señor Benlloch: Me conformaría con que se dijera que, en adelante, se tenga en cuenta al legislar sobre seguros sociales.

El señor Aracil: En el discurso de primeros de año, don Esteban Bilbao dijo en las Cortes que la agravación del índice de vida, del año 35 al actual, es del orden de cinco. Se habla de costes, y no hay que olvidar que el sector más perjudicado es el obrero.

El Ponente: Hay que mejorar los servicios, en beneficio de los obreros.

Yo daría a esto nueva redacción. Se trata de estudiar una mejora de los seguros sociales y disminuir en lo posible el coste de las cargas. Se podría añadir: "y, asimismo, que esas mayores eficacia y baratura pueden lograrse mediante sociedades o entidades particulares".

El señor Entrecanales: Decir que pasen a empresas me parece imposible. De lo que se trata es de abaratar la producción para todos los españoles.

El Secretario: Se podría conseguir la mejora administrando mejor.

El Presidente: Se podría decir eso, y que busque la fórmula el Estado.

El Ponente: Primero, mejorar los servicios; segundo, que sean más baratos. Ahora, se puede añadir que administrando mejor.

El Secretario: De lo que se trata es de que, si se pagan cien pesetas, vayan siquiera cincuenta al obrero, en vez de las veinte o treinta que percibe ahora.

El señor Lapuente: Que la administración de estos seguros sea más económica.

El Ponente: Detenernos en que hay que buscar una administración más adecuada. Con esto basta.

El señor Benlloch: Repito lo dicho: que, en adelante, la ejecución de la ley esté a cargo de particulares.

El Presidente: Vamos a votar en el sentido de que el Estado delegue las funciones administrativas de seguros sociales en empresas privadas.

El Secretario: O en su defecto, mixtas.

El Ponente: Una cosa es delegar los seguros en empresas particulares, y otra es permitir que se asegure en empresas particulares.

El Presidente: Entonces, ¿se permite que el particular acuda al Estado o a empresas particulares que llenen la misma función intervenidas por el Estado también? (Asentimiento.)

En votación ordinaria, así se acuerda.

Se suprimió la 7.ª

Leída la 8.ª, dijo el Presidente: La parte agrícola sale del tema, que es industrial. Respecto al crédito, existe el Banco de Crédito Industrial.

El Ponente: Se ha corregido esto en el sentido de que el Estado debe facilitar mayores créditos, a un interés mínimo.

El Presidente: O sea, que el Estado debe ampliar los medios que actualmente otorga para la creación y desarrollo de las industrias. (Asentimiento.)

La 9.ª fué objeto examen sin objeciones.

Leída la 10.ª dijo:

El Ponente: Nos encontramos con que no podemos despedir a un obrero que lo merezca, lo que contribuye a la falta de eficiencia laboral. Hay que revisar la legislación del trabajo para introducir la disciplina del trabajo.

El Presidente: Está bien expresado, sin herir a nadie. El problema es de disciplina, aunque no se emplee la palabra.

El señor Lapuente: Nos salimos del tema, que entra de lleno en el grupo octavo.

El Presidente: Las Conclusiones serán coordinadas por una Mesa general. Por consiguiente, me parece bien la redacción, salvo la palabra "industrial", que supone una categoría que no tenemos. (Asentimiento.)

Por último, intensificar la eficiencia, de acuerdo con las Conclusiones tomadas en otras Secciones.

De la última parte se prescinde.

Ha quedado, por tanto, terminada la discusión de este trabajo.

El señor Aracil: Se ha hablado del Plan nacional. Sugiero que se estudie, con tranquilidad, por una Comisión de cuatro o cinco especialistas en el Instituto de Ingenieros Civiles, contribuyéndose así al Plan económico-nacional en forma eficiente.

El Presidente: Entiendo que no se trata de que dicha Comisión tenga existencia jurídica reconocida, sino de que el Instituto citado tenga carácter permanente para una aportación más completa.

El señor Aracil: Pudiera hacerse algo más interesante y serio con tal equipo que informara sobre el Plan nacional, en el que estaría envuelto el de industrialización.

El Presidente: Ya saben que existe una Secretaría en la Presidencia del Gobierno que se ocupa en redactar planes provinciales para integrarlos en el nacional, y lo único que podría hacer el Instituto es solicitar su inclusión en dicha Secretaría.

En cambio, lo que sugiere el señor Aracil, de continuación en forma de equipo, me parece interesantísimo.

El Presidente: La Mesa recogerá la idea del señor Aracil, tratando de recoger también la expresada por el señor Benlloch (don José), a fin de que los Ingenieros participen de la manera más amplia posible en la formación de un Plan Nacional de Reconstitución económica.

Seguidamente, el señor Arespacochaga leyó el siguiente trabajo:

GRUPO X
SECCIÓN 3.ª

N.º 89. - Necesidad de la contabilidad social y posibilidades del inventario nacional

Autores:
D. JUAN ARESPACOCHAGA Y FELIPE
Ingeniero de Caminos y Licenciado en Ciencias Económicas
D. MARCIAL POLO DÍEZ
Doctor en Derecho y Licenciado en Ciencias Económicas
D. JOSE GARCÍA DE ANDOAÍN PINEDO
Licenciado en Ciencias Económicas

I) SITUACIÓN DEL PROBLEMA

11) EL BIENESTAR NACIONAL

Es indiscutible que las agrupaciones sociales están enderezadas al logro del bienestar.

Es, a la vez, inconcuso que este bienestar tiene varios ángulos de enfoque y puede interpretarse de maneras diferentes, pero no es menos cierto que uno de sus aspectos tiene un carácter económico, exclusivamente económico. Si dividimos, un poco burdamente si se quiere, este bienestar en bienestar material y espiritual, llegaremos a superponer el primero con ese aspecto económico que hemos adscrito a uno de los casos del bienestar total. La separación entre lo espiritual y material no es rotunda e incluso quizá sea discutible, de acuerdo con el trinomio de Ortega. Pero sin confundir lo material con lo exclusivamente hedonístico, sí admitimos la separación, que al fin y al cabo expresa una idea vulgarmente sentida, hemos de aceptar al propio tiempo que los medios para lograr uno y otro aspecto del bienestar han de ser distintos.

El aspecto económico del bienestar tiene un perfil acusado y propio. Por lo pronto se cristaliza en una tendencia a mejorar las condiciones de vida que se acomete por una colectividad entera, y este carácter gregario, que se produce en contraposición a la individualidad del bienestar espiritual, matiza de manera singular los fines que persigue y los medios de que ha de valerse para lograrlos.

Este bienestar lo proyectamos, desde luego, sobre el individuo, a través de lo que puede ser el índice más directo de su bienestar económico, que es su renta total. Renta en sentido amplio que recoge toda la serie de actos sociales vinculados al individuo para proporcionarle un gozo.

A través de esta interpretación transpersonalista del bienestar económico de la colectividad, entendemos al Estado como una entidad inexcusablemente obligada a lograr en cada momento para la nación el máximo bienestar posible de acuerdo con los factores económicos que tiene a su disposición y en función del número de habitantes que tengan que servir.

Fácilmente se comprende que este problema de máximo bienestar, sobre el que se vuelve con gran detalle en el párrafo 24 de este trabajo, es cuestión directamente vinculada a una serie de variables económicas que es preciso ponderar cuidadosamente y para ponderar, conocer previa y detalladamente.

12) LA ORGANIZACIÓN EMPRESARIAL

Cualquier forma gregaria avanzada, con su automática división del trabajo, sus productividades variables con el volumen de producción, el marginalismo de sus rendimientos y el engranaje de sus movimientos, se ofrece como modelo económico directamente vinculado al logro de unos óptimos proyectados especialmente sobre el individuo. Así, las modernas empresas, agrupamientos enormes, armónicamente encajados en sus diversas partes, ofrecen el patrón, a mayor o menor escala, de una agrupación social decididamente encaminada a obtener un bienestar para sus asociados, asociados que sin otro vínculo que la consciencia de su valor como grupo, orienta su actividad hacia un único fin de mejora colectiva a través si se quiere de un medio monetario como expresión segura de ese bienestar.

No es de extrañar, pues, que consideramos el modelo empre-

sarial como un posible arquetipo, en lo que respecta a tendencia, de la ambición de bienestar económico.

De intento hemos dejado para ahora la definición de empresa, concepto en sí excesivamente impreciso para que su elaboración tenga que venir en cierto modo hecha por el propio comentario. Con las características de ambición, de bienestar, de sentido monetario y de raíz económica el deseo de lucro surge de una manera casi automática, en una colectividad como la descrita, y, por ende, el adjetivo mercantil completo, el perfil de la colectividad aludida.

«Afán de lucro» y «espíritu mercantil», que es preciso desnudar de su semántica vulgar para centrarlos en acepciones de más rango y mayor generalización. Es decir, el movimiento cooperativo no queda excluído de nuestra definición de sociedades lucrativas, ni la mutualidad de seguros o la tendencia sindical; cualquier figura social que por medios admisibles se orienta a un mejor aprovechamiento de sus fuerzas colectivas, como premisa cierta de un bienestar superior, entra dentro de las definidas como «económicamente lucrativas» y las reconocemos en su organización como los gregarismos más idóneos para lograr el fin a que se orientan.

13) CONTABILIDAD

Pues bien, la técnica de vida empresaria, múltiple en sus manifestaciones y de gran poliformismo, ofrece como invariante y común denominador en todas sus materializaciones, una característica de su régimen, y es el fenómeno de su propio conocimiento, del gobierno de su actividad, a través de ese proceso que se denomina Contabilidad. Es singular el hecho de que por pequeña que sea la unidad social embarcada en una inquietud económica, ofrecerá siempre en el cuadro de sus inexcusables funciones ésta de la contabilidad como medio imprescindible de gobierno. Tanto más imprescindible cuanto más avanzado sea el estado de gregarismo de la unidad en cuestión; así, el gran auge de la contabilidad como ciencia, y hablamos siempre del concepto más general que pueda tener el vocablo, surge con la revolución industrial del siglo pasado que marca el comienzo ascendente de la aparición de empresas gigantes, llegando a culminar en los tiempos actuales que descansan en aquélla una serie de principios empresarios y que, finalmente, se encuentran fiados en el proceso contable un sinnúmero de conocimientos, previsiones y datos, sin cuya posesión sería imposible el coordinado funcionamiento de las colectividades sociales tipo empresa. Los últimos adelantos realizados en lo que se denominan contabilidad de costes, hace descansar en sus operaciones el propio óptimo de rendimiento de las instalaciones técnicas; la contabilidad laboral en sus innumerables aspectos ha descubierto un nuevo camino de amplias perspectivas económicas, y la contabilidad estadística de las calidades ha aumentado a cifras insospechadas las productividades consideradas como usuales en épocas muy próximas.

14) EL CONOCIMIENTO MACRO-ECONÓMICO

Los movimientos mundiales hacia la racionalización administrativa, como caso particular de amplia normalización de carácter empresarial e incluso los focos sueltos, pero importantes, de la actividad empresaria del Estado con su final interpretación socialista, no son sino parciales manifestaciones de un sentir general hacia formas económicas empresariales que se va decididamente imponiendo; pero por si fuera poco, las últimas tendencias en el estudio de las vinculaciones macro-económicas, los efectos multiplicados que se producen en los grandes colectivos económicos y la influencia que ejerce en el organismo general un pequeño impacto sobre cualquier aspecto parcial, han señalado la necesidad absoluta de un pleno conocimiento de las características e inter-uniones que ofrecen los colectivos económicos.

El proceso, por lo demás, obedece a una ley de generalidad que no ha escapado a ciencia ninguna. En mecánica, cualquier cuerpo en equilibrio lo está en función de todos, absolutamente todos, los cuerpos existentes en el Universo, que ejercen sobre él su particular campo de fuerzas. La generalización de la teoría gravitatoria, base previa de toda la mecánica actual, tiene su perfecto trasunto en la moderna macroeconomía que considera cualquier aspecto parcial de la economía como formando parte sin grado de libertad alguno del todo económico, por alejado que estructuralmente se encuentre de los demás innumerables procesos.

Y este aspecto viene a reforzar aún más esa función contable de absoluta precisión en cualquier colectivo social enderezado al logro de unas satisfacciones a servir con las leyes económicas del máximo provecho y la resistencia mínima.

Entendemos, por tanto, como función inexcusable del Estado la realización, por su parte, de una detallada, perfecta y verdadera «contabilidad social».

15) LA RIQUEZA NACIONAL

Si en términos generales puede decirse que inventario es una relación detallada, ordenada, valorada y debidamente concordada con los libros de contabilidad, de la totalidad de los bienes y créditos que poseemos (capital activo) de la de las deudas y obligaciones (capital pasivo) y de la diferencia entre ambos capitales (capital líquido), cuando nos referimos al inventario nacional pensamos más bien en el activo, es decir, en la suma de recursos económicos que constituyen la riqueza nacional.

Pero estimar correctamente la riqueza real de una nación es —como dice Marshall— una tarea mucho más difícil de lo que parece a primera vista.

En primer término, el concepto de riqueza no es unívoco; riqueza es en Economía término técnico, con el cual se denota una especial categoría de bienes, los bienes económicos. Riqueza significa, bien el complejo de bienes económicos existentes *en un momento dado*, bien el flujo de bienes producidos y consumidos durante un período de tiempo. En el primer sentido el concepto de riqueza se confunde con el de *patrimonio*; en el segundo significado con el de *renta*: uno es estático, el otro dinámico.

No cabe duda que siendo el inventario un concepto puramente estático, hemos de adoptar la primera significación, y el inventario será como una instantánea que recoja en un momento dado el patrimonio nacional total como suma de los bienes actuales y potenciales valuables en dinero y con capacidad para producir renta. Consideraremos, siguiendo la ortodoxia de la escuela neoclásica, no sólo aquellos elementos de riqueza que se computan en la riqueza individual, es decir, los bienes externos al hombre que le pertenecen y son susceptibles de ser medidos en dinero, sino aquéllos de general uso y aprovechamiento, tales

como caminos y canales, edificios y parques públicos y, en general, todos los recursos productivos de un país.

Es indudable que de la riqueza existente en un momento dado forman parte la tierra, los bosques, las minas, los edificios, las fábricas, los ferrocarriles, los canales, los puertos, los almacenamientos de productos existentes en el momento de la valoración, las reservas de metales preciosos, en suma, todos los bienes materiales que tienen un valor económico. Pero el sol, y los factores climatológicos, y la posición geográfica, y las costas con sus puertos naturales, los ríos, los mares, y los lagos, etc., ¿no son parte de la riqueza de un país? Ciertamente, sí; son todos elementos de tan grande influencia en su destino histórico que puede afirmarse, sin género de duda, que constituyen factores importantísimos entre cuantos integran la riqueza de una nación.

16) FACTORES CUANTITATIVOS Y CUALITATIVOS

Pero no sólo deben tenerse en cuenta los elementos materiales de la riqueza nacional. Muchos autores —concretamente los economistas alemanes— tienen frecuentemente en cuenta los elementos inmateriales, y como sostiene Marshall, es de rigor hacerlo así en algunos problemas relacionados con aquélla, aunque no en todos; los descubrimientos científicos, los inventos mecánicos, las mejoras introducidas en las artes productivas, hasta que pasan a ser del común de la humanidad e incluso la misma organización de la sociedad o del Estado, deben considerarse para algunos fines como elementos importantes de la riqueza nacional.

Pero aquí surge el segundo escollo para la estimación real a que antes hacíamos referencia. Un cálculo estadístico de la riqueza no es susceptible de ser aplicado a estos conceptos de la riqueza, porque falta toda base para una estimación de valor. ¿Cómo valoraríamos el Guadalquivir, las radiaciones de nuestro sol o el «Quijote»?

¿No sería paradógico no valorar el puerto natural de Vigo, si admitiéramos sin discusión en el inventario un puerto totalmente artificial construído con enormes gastos?

El problema es arduo y difícil, aunque limitemos el cálculo de la riqueza mediante un inventario de todas las cosas externas existentes en un momento dado, prescindiendo de todos aquellos bienes internos, como la inteligencia, la energía de carácter, la fuerza de voluntad, la salud, etc., que aun teniendo importancia máxima para el individuo o para la colectividad, no son susceptibles de valoración monetaria. Los conocimientos científicos y técnicos, acumulados en el transcurso de las generaciones, la capacidad de organización, el espíritu de iniciativa de los capitanes de industria, el hábito de trabajo y la sobriedad, la devoción a los intereses de la colectividad, son asimismo factores potentes del progreso económico; si este patrimonio ideal —cuyo valor económico no puede calcularse— permanece intacto después de una catástrofe, como la guerra pasada, que destruyó en muchos países gran parte de sus bienes materiales, éstos podrán ser reconstruídos; mientras que si el patrimonio ideal hubiese desaparecido, de nada serviría haber salvado los bienes materiales.

Fatalmente, pues, hemos de prescindir en nuestro inventario, al menos en su aspecto cuantitativo, si no enunciativo, de un sin fin de elementos que aún siendo fuente incalculable de recursos, no admiten la inclusión en el mismo por imposibilidad material de valorarlos.

Limitado en principio nuestro campo y dejando para otro lugar el intento de la valoración de los bienes, podemos indicar con Marshall que en el contenido de la riqueza nacional pueden incluirse cuantas cosas tangibles hacen rica a una nación: superficie, extensión, posición geográfica, sol, suelo, calidad del mismo, corrientes de aire y de agua, condiciones climatológicas, pluviométricas, población (tenida en cuenta su composición, espíritu, aptitudes, carácter), los puertos, canales, caminos, edificaciones y adaptaciones de todo orden. Incluye la riqueza individual y colectiva de todos los miembros que componen el Estado, excluyendo las deudas y obligaciones contraídas dentro del país. La riqueza nacional comprende los servicios que prestan sus habitantes: sus banqueros, sus marinos, sus médicos, sus abogados, sus maestros, sus autores, sus empleados y las mujeres que en el hogar se emplean en ocupaciones domésticas, si bien los autores modernos consideran estos servicios formando parte de la riqueza en cuanto es considerada como un flujo de bienes económicos (como renta) y no como un complejo de bienes existentes en un momento dado. En un momento dado existen bienes materiales e individuos aptos para rendir servicios gracias a su capacidad física, intelectual y moral. Todos estos elementos y otros muchos, sin pretensión de enumeración exhaustiva, constituyen la riqueza de un país y serán objeto del presente estudio.

17) ANTECEDENTES EXTRANJEROS

La pretensión de evaluación de la riqueza de un país, no es original. Existe extensa bibliografía sobre los esfuerzos para inventariarla en los diversos países, y entre la misma podemos citar la que sigue:

Reino Unido

Anonymous: Growth of wealth and capital.—Economist, 1911.

P. H. Douglas: An estimate of the growth of capital in the United Kingdon, 1865-1909.—Journ. of Economies end Business History.

Sir Robert Giffen: The Growth of capital. 1889.

W. J. Harris and K. A. Lake: Estimates of the realisable wealth of the United Kingdom based mostly on the estate duty returns. Stat. Joun. 1906.

The national capital of Lord Stamp.—Stat. Joun. 1913.

Mismo autor: The national capital. 1937.

Bélgica

F. Baudhuin: Le capital de la Belgique et le rendement de son industrie avant la guerre.—Louvain 1924.

V. Fallon: La richesse de la Belgique 10 après la déclaration de guerre.

Checoslovaquia

F. Bibl.: Evaluation de la richesse nationale d'avant-guerre.—Revue Stat. Tchechoslovaque. 1927-1928.

Francia

Ad. Coste: L'évaluation de la richesse nationale. Journal de la Société de Stat. de París. 1901.

E. Fournier de Flaix: The national wealth of France compared with other countries. Stat. Jours. 1886.

A. de Foville: La fortune de la France 1883. La richesse en France 1909. The wealth of France and other countries. 1883.

A. de Lavergne and L. P. Henry: La Richesse de la France, Fortune et Revenus Privés. París 1918.

R. Pupin: La Richesse de la France devant la guerre. París 1916.

E. Théry: La fortune Publique de la France. París 1911.

B. Vacher: La fortune nationale de la France. Journ. de la Société de Stat. de París. 1878.

Georges Pillet: Inventaire économique de la France. 1948.

Grecia

P. D. Rediadis: The Greek national income an wealth ind. 1929.

Hungría

F. V. Fellner: La fortune nationale de la Hongrie actuelle. 1930.

India

J. M. Datta: A wealth survey for Bengal. 1934.

Italia

M. N. Colajamni: L'évaluation de la fortune de l'Italie. 1917.

C. Gini: L'ammontare e la Composizione della Rischezza delle Nazioni. Turín 1914.

La Ricchezza comparata delle Nazioni. Milán 1926.

F. S. Nitti: La Ricchezza dell'Italia. Torino-Roma 1905.

Japón

Bureau of Statistics of the Cabinet.—The Estimated National Wealth of Japan in 1924.

Kokussein: The Statistics of National Wealth before and after the Great War.

Jgraschi and Takahashi: National Wealth of Japan 1906.

Méjico

Official Statistics of national Wealth.

España

Banco Urquijo: La riqueza y el progreso de España.

A. Barthe: Essai d'évaluation de la richesse de l'Espagne. Journ. de la Société de Stat. de París, May 1917.

Suecia

P. J. Fahlbeck: L'évaluation de la richesse nationale de la Suède. Bull. de l'Inst. Int. de Stat. de Vienne, 1913.

La Richesse Nationale de la Suède 1892.

Estados Unidos

Department of Commerce.—Bureau of the Census. Estimated Valuation of National Wealth, 1850-1912. Washington 1915.

National Industrial Conference Board Bureau of Standars Statistics.

Con independencia de tales obras y otras muchas que quedan sin citar, tanto nacionales como extranjeras, tenemos algunas evaluaciones concretas, entre las que podemos mencionar:

País	Año	Autor
Inglaterra	1679	Petty
»	1690	Gregory King
»	1812	Colquhoun
»	1885	Giffen
Reino Unido	1812	Colquhoun
» »	1855	Edelestón
» »	1865	Giffen
» »	1875	Giffen
» »	1885	Giffen
» »	1905	Money
Estados Unidos (1)	1880	Censo
» »	1890	Censo
» »	1900	Censo
Francia	1892	Defoville
Italia	1884	Pantaleoni

Finalmente, y en el aspecto concreto de la contabilidad social o nacional, diversos países, entre los cuales los Estados Unidos y los países nórdicos, han implantado y llevan dicha contabilidad con resultados ciertamente positivos, en tanto que otros países, como Inglaterra, Francia e Italia, tratan de poner en marcha dicha contabilidad en el menor plazo, influídos por los beneficiosos resultados obtenidos por los países del primer grupo.

II) ESQUEMA DE ACTUACIÓN

21) LOS CONCEPTOS CONTABLES

Como base previa al proyecto de realización de la contabilidad, hemos de señalar unos cuantos conceptos que nos dividan la inquietud económica general de la nación, para instrumentar así un primer esquema contable. Siguiendo una escuela tradicional de agrupación de los factores productivos, vamos a realizar una primera división de conceptos contables que haremos coincidir con los tres grandes ámbitos económicos nacionales que siguen: 1.º La infraestructura como invariante en el tiempo; 2.º El capital como incorporación a dicha infraestructura de unos bienes estables capaces de producir o de contribuir a la produción, y 3.º El potencial humano.

22) EL INVARIANTE INFRAESTRUCTURA NACIONAL

El hombre actúa en un medio. Según afirman los autores Clarence Fieldden y Gordon Jerald en su «Geografía Económica», el que las personas puedan dedicarse o una determinada ocupación y lograr con ello ciertas producciones en lugar de otras, «depende de muchas cosas, pero especialmente, de la naturaleza de la región del globo en que habita». «Son enormemente distintas en orden a la productividad humana como resultado de la aplicación del trabajo al medio, las condiciones de la tundra o de los frescos y rientes valles de la Europa occidental».

Vamos a examinar la composición de dicho medio, de forma que pueda verse en un detallado inventario económico las partidas que lo integran, estudiando las posibilidades de valoración que ofrece. Antes indicaremos que el medio actual lo entendemos

(1) A partir de 1912 se realiza anualmente. Véase «The Theory of Econometrics», de Harold T. Davis.

formado por la incorporación al medio primitivo o factores naturales, en una amplia proporción, del capital o bienes de producción producidos. Pretendemos presentar el medio original o factores naturales primarios al desnudo, previa toda incorporación de capital. No pretendemos una enumeración exhaustiva ni completa, que sería imposible.

Los factores naturales o medio originario, podemos considerarlos agrupados en cuatro grandes categorías: cosmos, suelo, subsuelo y medio circundante. Los factores integrantes de estas categorías se combinan con frecuencia para la producción espontánea o con la ayuda del hombre, de los bienes y servicios que pueden servirnos para la valoración del factor o factores de que nacen. Por ello, la adscripción de los factores naturales secundarios a uno u otro grupo, resultará a veces arbitraria.

221) Cosmos.

El cielo de España, tantas veces encomiado, es fuente de vida y de riqueza. Resultado del mismo son producciones típicas que examinaremos en el grupo suelo, sobre el que se forman y viven.

El cielo, denominando así el conjunto de condiciones de nuestro clima, produce, junto con otros factores, determinadas posibilidades de ingreso, pero dado que no resultan exclusivamente atribuíbles al cielo, sino a otros factores conjunta o principalmente, y teniendo en cuenta las dificultades de valoración de los ingresos atribuíbles exclusivamente al cielo, resulta de más fácil encaje el asignar el valor de tales productos a factores más objetivos.

Autores modernos atribuyen un valor excepcional en la vida de los hombres y de los pueblos a los rayos ultravioletas, habiendo encontrado correlaciones impresionantes entre la riqueza de los rayos solares y los fenómenos humanos (1).

Sin prestar excesiva credulidad a la existencia de tales relaciones, aún dotando a las mismas del carácter problemático y no de necesidad propio de las leyes físicas, por la influencia de lo volitivo, consideramos del máximo interés el estudio y trazado de las correlaciones que puedan serlo, tanto por lo que afecta a los fenómenos fisicoquímicos como a los humanos, ya que caso de llegarse a conclusiones positivas en orden a tales influencias, es indiscutible que la riqueza cósmica habría de ser tenida en cuenta en toda enumeración y valoración inventarial.

2211) Aprovechamientos aéreos.

El espacio aéreo, tras el maravilloso progreso humano que ha hecho posible el dominio de este medio, cobra un valor digno de tenerse en cuenta. Las regiones árticas, hasta ayer poco menos que inútiles para la sociedad, cobran el calor de la posibilidad de aprovechamiento aéreo, un valor considerable; respecto a la valoración del cielo de una nación, hemos de tener en cuenta que, al precisar de una sustentación física, la tierra y hallarse ésta en rígida función con aquél, podemos medir a través de ella el valor del cielo como vehículo de vuelos.

Los elementos que constituyen la atmósfera son ambos (oxígeno y nitrógeno) factores productores de satisfacción. Respecto de ambos, podemos calificarlos como bienes comunes o libres que, por carecer de la nota de escasez, no la tienen económica. Sin embargo, la mayor pureza del aire es fuente de riqueza. Dígalo si no Suiza, donde dicho elemento ha servido de atractivo de corrientes turísticas. Pero al darse su existencia junto a otros medios de más física sustentación, montañas, etc., hase atribuído a ellos la riqueza, el bienestar y la valoración que sería de más difícil logro a través del elemento puro.

Respecto del nitrógeno y de la fijación del mismo, sucede algo similar. Se trata de un bien común y la riqueza proveniente de la producción de abonos mediante la fijación de dicho elemento atmosférico, se mide a través del medio capital necesario para lograrlo.

Otro tanto puede afirmarse de las corrientes de aire y de los bienes que las mismas producen. Varias producciones naturales descansan en la acción de este elemento, pero los resultados se pueden medir a través de las instalaciones montadas para captación y aplicación de los vientos.

Similarmente podemos tratar los factores climatológicos y pluviométricos: a través de la producción a que dan o pueden dar lugar.

Las razones que aconsejan huir de una valoración de los factores de este grupo que hemos enumerado, no indican que se deba evitar la constancia de los mismos en un inventario que pretenda ser completo. Es necesario el estudio de los mismos y la confección de los mapas de líneas de diversa índole que los contengan, no descuidándose de la formación y verificación de las correlaciones que se puedan hallar entre los factores aéreo-celestes y terrestres o humanos, para llegar a las conclusiones pertinentes de valoración de los primeros.

222) Suelo.

No es posible infravalorar la importancia económica del suelo. Constituye la sustentación de los bienes y del mismo hombre, el soporte de las actividades, la máquina más maravillosa puesta a su disposición y la fuente más importante de riquezas y de bienes de toda suerte. La enumeración de los factores naturales que en la tierra se dan, es imposible. Intentaremos una, a sabiendas de que resultará imperfecta e incompleta.

2221) Extensión.

La de un país es elemento a tener en cuenta en un inventario. Ha de conjugarse con otros factores, pero ella misma constituye uno interesante. Existe necesariamente una relación entre la extensión, la población, calidad de la tierra, riquezas, aprovechamiento, poderío político, etc.

Dentro de una extensión dada hay un óptimo de población, como en una extensión de tierra existe un óptimo de incorporación de otros factores (trabajo y capital). ¿Cómo podemos valorar la extensión? Por el momento nos contentaremos con enunciarla indicando que la situación de España es favorable a este respecto, pues ocupa el tercer lugar entre las naciones europeas y no sufre necesidad de «espacio vital». No consideramos este solo factor como índice de bienestar, pero creemos que, a igualdad de riqueza actual, población, capital y demás medios, un país con mayor superficie por habitante, ofrece mayores posibilidades. De la menor población albergada y factores provocados por la misma (escasez de demanda, etc.) nacen también inconvenientes, pero España, en cuanto patrimonio, ofrece mayores posibilidades con su extensión que si tuviera los mismos

(1) Ver la obra de Jevons «Trade fluctuation and solar acvity».

habitantes, las mismas reservas, los mismos capitales, en la mitad de superficie.

Si la extensión ha de considerarse como factor productor de bienestar, ha de serlo mediante el mayor aprovechamiento, y la máxima valoración de la extensión del país en un inventario económico ha de lograrse sobre la base del más óptimo aprovechamiento. Ahora bien, la superficie externa del suelo admite diversas y variadas aplicaciones, y en tal diversidad es donde encaja la función del economista si nos atenemos a la naturaleza y significación que a esta ciencia atribuye Robins: De medios alternativos para consecución de fines señalados por la política (1).

La superficie terrestre, concretamente la de España, ofrece múltiples aprovechamientos. El problema consiste en hallar los óptimos, entendiendo como tales aquéllos que se traduzcan en la mayor corriente de bienes y servicios para la comunidad, en el tiempo.

2222) Factores que califican la superficie.

Hemos de estudiar cuáles son los factores que califican la tierra y la hacen la más apta posible para los aprovechamientos deseables y con ello para la producción de renta y de bienestar.

Entre tales factores podemos citar los siguientes:

22221) Climatológicos.

La climatología influye poderosamente en el aprovechamiento de la superficie terrestre por su acción benéfica o perjudicial sobre las plantas. Las condiciones climatológicas españolas son en extremo variadas y cambiantes. La situación, la configuración maciza y la orografía del suelo, dan a nuestro clima unas condiciones de dureza extremas, con la excepción interesante de suave benignidad en la franja costera peninsular, si bien dicha influencia benefactora no puede penetrar profundamente por el sistema orográfico que determina en alto grado las condiciones pluviométricas que imperan en nuestro suelo.

Resulta difícil la medida de la influencia de los factores climatológicos puramente considerados, sobre la producción de bienes de la tierra, por el hecho de que las mismas son resultado de la combinación de varios factores. Por ejemplo, en el caso de producciones agrícolas en las que el factor climatológico tiene tan profunda influencia, es natural la dificultad de medición de la influencia directa de la climatología, por el hecho de que se conjugan con los mismos los factores pluviométricos, calidad del suelo, etc., en el tiempo y en el espacio. No obstante, puede intentarse aislar la influencia parcial de una determinada clase de factores, en este caso de los climatológicos, siguiendo el procedimiento paretiano «de las aproximaciones sucesivas», consistente en suponer constantes las demás influencias, estableciendo las correlaciones posibles entre el factor que estudiamos y las producciones.

Resultará interesante determinar las correlaciones parciales entre las temperaturas medias mensuales provinciales y las producciones en la forma más completa posible, sin perjuicio de completar la labor mediante el establecimiento de correlaciones múltiples entre los mismos factores climatológicos, los pluviométricos y las producciones.

Tales datos habrían de completarse mediante el establecimiento de las correlaciones necesarias entre los mismos factores por productos, completándose los trabajos mediante aplicaciones de la técnica del muestreo en todos aquellos fenómenos. Como labor inicial a desarrollar está la de completar los mapas de líneas isotérmicas, isobaras e isoyetas.

De esta forma podría llegarse a conclusiones prácticas, en orden a la influencia, en gran parte de nuestra riqueza, de los factores climatológicos.

22222) Pluviométricos.

Son aplicables a estos factores las consideraciones expuestas en el anterior apartado.

La cantidad de lluvia con que cuenta un país tiene una trascendencia enorme en muchísimos aspectos. El agua caída del cielo es fuente de riqueza y de vida. Con independencia del consumo directo humano, englobando en el mismo no sólo la cantidad que incorpora como bebida, sino la que se utiliza para aseo y otros usos, la precipitación de lluvia determina riqueza en múltiples aspectos:

a) Para riego del terreno cultivado.
b) Formación de corrientes superficiales.
c) Formación de corrientes subterráneas.

La riqueza de un país depende en gran parte de las precipitaciones que recibe. Es un axioma. Si queremos conocer la riqueza de un país, hemos de analizar cuidadosamente este interesantísimo factor. Don José Gavilla, en su interesantísima obra *España, la tierra, el hombre, el arte*, se pregunta a este respecto si hemos hecho el inventario del agua que recibimos y anota a continuación que son insuficientes los datos sobre precipitaciones de que disponemos, para lograr un buen conocimiento de dicho inventario.

Consideramos necesario establecer al igual que lo indicábamos al hablar de los factores climatológicos, las correlaciones parciales, simples y múltiples, entre las cantidades de lluvia por meses y provincias y las producciones agrícolas totales, entre los mismos datos y las producciones por artículos, así como la conjugación con las series climatológicas y la aplicación de la técnica del muestreo a este importantísimo factor.

Las cantidades de agua de que puede disponer cada habitante es una fuente de bienestar. La valoración es un tanto compleja por la calidad del bien. Quizá fuera necesario establecer en este caso una valoración negativa, puesto que los individuos que carecen de este precioso líquido ven disminuído en una proporción notable todo otro bienestar.

Los factores calor y agua conjuntos dan a una tierra de calidad y configuración normal una especialísima valoración. Por ello el estudio detenido de los mismos es previo a toda calificación del suelo y a todo intento de valoración.

Por otra parte, las aguas caídas contribuyen a la formación de las corrientes externas, las cuales tienen un cuádruple aprovechamiento.

1) Para riego.
2) Como origen de fuerzas hidráulicas.
3) Como vías de comunicación.
4) Para obtención de pesca.

(1) «Naturaleza y significación de la ciencia económica», de Robins.

Los aspectos valorativos de los aprovechamientos a que dan y pueden dar lugar las corrientes de agua, han de ser cuidadosamente estudiados, mediante una perfecta conjunción de los puntos de vista técnicos y económicos. Los aspectos concretos de la utilización de las corrientes externas de agua para riego y para la producción de fuerza hidráulica, son indiscutiblemente de importancia vital para nuestra nación y nuestra economía. Los problemas que plantean han sido estudiados por personas competentísimas en tales materias, por lo que tan sólo nos cabe hacer ver en este estudio la necesidad de proceder a la valoración de las utilizaciones actuales y posibles de tales fuerzas a efectos de inclusión debida en el inventario nacional, así como para decidir en los casos de aprovechamientos alternos cuál se debe elegir.

22223) La configuración del suelo.

Una tierra llana con agua y sol ofrece posibilidades distintas a la que, reuniendo los dos anteriores factores, se presenta accidentada. La primera ofrece posibilidades de mecanización y de productividad muy superiores a las de las tierras accidentadas. Es de extraordinario interés el conocimiento de la distribución de altitudes, a ser posible por zonas mínimas de cultivo, en superficies continuas y no dispersas, así como el establecimiento de las correlaciones entre tal distribución y las producciones. La configuración del terreno ofrece particular interés en cuanto al estudio de los costos de implantación, entretenimiento y utilización de las vías de comunicación. En reiteradas ocasiones se ha hablado del superior costo de la construcción de nuestros ferrocarriles y carreteras, comparativamente al de otros países, y de nuestra desfavorable situación a este respecto. Al superior costo de construcción se une la menor productividad o el mayor costo en la utilización y realización de los transportes, con el mayor consumo de energía y encarecimiento de los precios.

22224) Calidad del terreno.

Es necesario tener en cuenta la calidad y valor de las capas de suelo a efectos de producción. El problema es de carácter técnico-económico. Con los factores ordinarios nos da la calificación definitiva de la tierra de España y debe servirnos para la definitiva valoración de las diversas clases de tierras, al mismo tiempo que nos deberá facilitar la clave de los óptimos aprovechamientos.

223) Subsuelo.

En lo que respecta al subsuelo, la naturaleza ha dotado a España con largueza en cuanto a su variedad y con menor prodigalidad en cuanto a su cuantía.

Todos los factores del subsuelo han de ser objeto de especial valoración y entre los mismos, de manera especial, las fuentes de energía y los recursos minerales de toda clase.

Adquiere una significación especial a efectos de dicha valoración la localización de las reservas minerales españolas, que ofrece graves inconvenientes por la profundidad y la disposición de las capas y la orografía del país que eleva el costo del artículo.

Dentro mismo de nuestra patria observamos el enorme progreso de las industrias extractoras situadas en buenas condiciones para ulterior transporte y las que gozan de difícil localización a este mismo respecto.

En cuanto no lo hayan sido habrán de ser nueva y profundamente estudiadas las reservas nacionales de minerales de toda clase, con vistas a su mejor valoración. La misma ha de partir de los rendimientos actuales, corregidos en la cuantía que aconseje una real y prudente apreciación de las posibilidades de aumento de las producciones, mediante una racionalización y mecanización de los procedimientos de extracción.

224) Situación geográfica.

El valor de la situación de nuestra patria en la encrucijada de los mundos es de difícil apreciación y medida concreta. No podemos detenernos a considerar en detalle las ventajas que de la misma derivan en orden al comercio internacional especialmente, pero están en el común sentir. España es enlace y puente entre los tres continentes (Europa, Asia y África) y de dicha situación han nacido en el pasado, nacen actualmente y deben nacer en progresión creciente, en el futuro, riqueza y bienestar.

Por otra parte, en los medios líquidos que rodean nuestra patria, reside para la misma una fuente de sustento y un medio de comunicación.

Ambos aspectos son valorables. La contribución de los mares a nuestra alimentación nacional es enorme y está perfectamente estudiada. No se ha de insistir sobre la conveniencia de que tal explotación sea racional. La pesca es fuente de riqueza y de trabajo y ocupamos en ella un magnífico lugar. Los mares nos comunican con el mundo y dulcifican y suavizan la temperatura de nuestro ambiente. Son aspectos de valoración más difícil y difusa, que, sin embargo, se han de intentar, una vez en posesión de los datos necesarios, para debida constancia de tales valoraciones en el inventario económico nacional que se pretenda elaborar.

No pretendemos haber agotado en las presentes líneas los aspectos valorativos de la infraestructura nacional considerada como invariante. La labor es en extremo más compleja y profunda. Tan sólo queremos señalar, a título de orientación, los posibles caminos de llevar a efecto dicha valoración.

23) EL CAPITAL

Sobre el invariante de la infraestructura desde su plano cósmico hasta el tesoro metálico encerrado muchos metros bajo la corteza terrestre, el hombre ha ido amontonando trabajo y acopiando energías, de tal manera que sobre el permanente «chasis» de la constante tierra, han proliferado una serie de factores, productivos en forma directa o cooperantes a la producción.

Si la contabilidad de la infraestructura no tiene dinamismo alguno en esencia y sólo podrá participar (a los efectos de su variación) de las oscilaciones monetarias, el ámbito contable de la cuenta económica del capital, es justo con la referente a población, el eje en que se articula el bienestar económico e índice, por tanto, de la prosperidad social.

En lo referente al capital, hemos de considerar como partidas integrantes en este gran concepto contable todas aquéllas que «representan una inmovilización monetaria vinculada al equipo tierra y susceptible de producir con la incorporación de trabajo».

Vuelve así la gran trinidad de la tierra, el capital y el hombre a servir a la gran ecuación del acontecer económico.

La contabilidad de esta partida, una vez definida, no ofrece dificultad teórica; es preciso primero realizar un inventario detallado de todos los equipos-capital existentes en la nación, para lo cual ha de realizarse una división de la cuenta general para agrupar orgánicamente las formas múltiples de aparición del concepto capital. El criterio para su casuística lo estimamos secundario. Entendemos así que a los efectos contables que perseguimos, tiene parecido valor el que el criterio sea el de más o menos inmovilidad, o la mayor o menor convertibilidad monetaria; ahora bien, lo que sí consideramos preciso es realizar una agrupación que sirva, es decir, separar primeramente los procesos extractivos, los de transformación y los auxiliares.

Consideramos extractivos aquellos que de una manera directa entran en contacto con la infraestructura sin otra transformación que la puramente formal, así la explotación de minas y canteras, los aprovechamientos hidráulicos para riego, los cultivos agrícolas en cualquiera de sus formas, las explotaciones animales, la industrialización sin proceso químico derivadas de uno de estos conceptos, como las textiles o las cerámicas, viticultura, silvicultura, etc.

En los de transformación, aquellos procesos simples que incorporan al producto una variación de tipo químico, físico o espacial en su estructura, desde el aprovechamiento en energía eléctrica del potencial hidráulico (agua y altura) de un río, hasta la producción de emulsión fotográfica, pasando por la gama inmensa de las industrias siderúrgicas, las químicas en todas sus formas, las cerámicas compuestas y tantas otras, cuya simple enumeración requiere una doctrina y un espacio de que no disponemos en este trabajo que sólo pretende ser enunciativo. Sólo hemos de recordar que en el concepto transformación incluímos todos los procesos de transporte que de una forma u otra realizan la transformación en el espacio de los productos enrolados en su proceso.

Queda por tanto el ámbito de los procesos auxiliares, en los cuales comprendemos principalmente los directamente enderezados a satisfacer necesidades humanas inmediatas, la vivienda, la confección de ropas, los servicios sociales de toda clase (telégrafos y teléfonos, etc.) y aún los de esparcimiento, y además aquellos otros que con carácter secundario no tienen cabida en los dos apartados anteriores.

Hechas estas tres grandes divisiones, imperfectas, desde luego, como cualquier clasificación, pero cuyo encasillamiento no afecta a la sustancia del problema, el inventario del equipo capital ha de realizarse, por un lado, desde un aspecto físico, objetivo, y por el otro, desde un aspecto contable, valorativo.

Nada tenemos que decir del primer aspecto; equivale en resumidas cuentas a realizar un detallado censo del capital nacional. En lo referente a su valoración, el criterio puede ser discutido, pero nunca incierto.

La primera tarea a realizar ha de ser la formulación de unas bases terminantes y claras que permitan un conocimiento exacto de los bienes capitales existentes con el estado de su amortización física y contable. La primera para darnos una idea de su grado de necesaria reposición y la posibilidad de efectuarse.

Los criterios valorativos pueden ser varios, pero probablemente será conveniente adoptar el criterio de «valor de adquisición», puesto, naturalmente, al día en función de la oscilación monetaria.

Efectuando este inventario, tendríamos valorada toda esa inmovilización que sobre la infraestructura han ido acumulando las generaciones pasadas de acuerdo con la teoría del «ahorro de trabajo» y se conocería en su exacta cuantía la riqueza con que al bienestar nacional concurre este aspecto de la inquietud general económica, se controlaría el aumento o disminución de los equipos, sus necesidades de reposición, el estado medio de su vida y, finalmente, su adecuación con los otros dos grandes conceptos productivos, la población y la tierra. Tan trascendente se alcanza este conocimiento que creemos innecesario glosar su necesidad, que por lo demás, y no obstante alcanzarse fácilmente como trascendental, es objeto de ciertos comentarios en los apartados 3) y 4). Sólo hemos de señalar que no hemos dado ningún criterio selectivo de valor para este inventario de capital y ello porque ha de extenderse a la totalidad de los factores sea cual sea su importancia relativa, el inventario ha de ser exhaustivo para ser eficaz y como cualquier inventario ha de gozar de dos cualidades esenciales: la generalidad y la veracidad.

24) EL POTENCIAL HUMANO

Es evidente que el nivel de vida de un pueblo y por ende su bienestar material, es función no sólo de sus recursos naturales, su grado de capitalización y el adelanto de su técnica, sino, y muy fundamentalmente también, del número de sus habitantes. La importancia para cada país de la composición y el *quantum* de su población es incuestionable y los estudios demográficos tienen para el economista una doble significación: la población es un dato, pero a la vez es también una consecuencia.

Es, sin duda, el potencial humano, de entre las partidas que vamos examinando, y que constituyen el contenido del *non-nato* inventario nacional, la más elaborada y sobre la que se vienen acumulando más cifras con visos de respetabilidad, bien por nuestros Servicios Oficiales de Estadística, bien por la Comisión para el estudio de la Renta Nacional que en sus informes anuales vienen dedicando un capítulo al desarrollo de la población. Las cifras de la población total de nuestro país, los índices de crecimiento de la misma, los censos de población activa y pasiva, clasificada aquélla por profesiones, las cifras relativas en porcentajes entre una y otra, la población por producciones con sus respectivos índices de producción total, agrícola e industrial por habitante, están lo suficientemente elaborados, como para que no nos consideremos obligados a exponer la menor sugerencia al respecto.

El incremento de población es un proceso de naturaleza típicamente dinámica y se expresa en series cronológicas representativas de un lapso considerable de tiempo. Este incremento se justifica mediante los coeficientes de natalidad, tasas bruta y neta de reproducción, tasas de nupcialidad, coeficientes de mortalidad general e infantil, datos de migración, etc., que las estadísticas vienen ya recogiendo en todo los países. Existe, sin embargo, un factor de significativa importancia para la valoración del potencial humano y es el del grado de maduración del colectivo humano, es decir, de su mayor o menor envejecimiento, que ha de tenerse muy en cuenta, pues las cifras absolutas de

población han de ponderarse en consideración al porcentaje de adultos que posea el colectivo, ya que la infancia tendrá una determinada significación con proyección a un futuro próximo, y la carga de los viejos, será eso, una carga que vendrá a sumarse al pasivo de la contabilidad social.

La salud física y moral y la formación cultural y religiosa, cuyos índices nos darían las estadísticas sanitarias, las penales, de suicidios y divorcios y las de enseñanza primaria, secundaria, universitaria, profesional y técnica y confesionales, deberá tenerse también en cuenta para una estimación valorativa del elemento hombre como factor de la riqueza nacional.

Ninguna nueva aportación hemos de hacer a este respecto, ya que existe abundante literatura y profusión de datos estadísticos, que debidamente conjuntados pueden servir de base a una exhaustiva delimitación del problema de la población en España. Pero tal vez sea de interés intentar sintetizar brevemente el problema del óptimo de población, es decir, el de determinar cuál sea la población más deseable supuestos unos recursos naturales, un grado de capitalización dado y una técnica acorde con el progreso del momento.

Por población óptima podemos entender aquélla que produce la mayor satisfacción total, o bien la que produce la satisfacción máxima *per capita*. Ahora bien, el máximo de bienestar económico no es necesariamente lo mismo que el máximo de ingreso real, pero para fines prácticos puede tomarse como equivalente. Sin embargo, creemos más adecuado el concepto relativo y opinamos como Meade y Carr-Saunders, que la población óptima debe referirse a la que encierra el máximo grado de satisfacción por persona, y que es, naturalmente, lo mismo que la población que proporcione el máximo de ingreso real de mercancías y servicios *per capita*.

Cannan (1) hace observar que debe procederse con cautela al determinar este óptimo, sin olvidar tres premisas inexorables, a saber: *a*), que el punto de máximo rendimiento no está fijo, sino que oscila continuamente; *b*), que la población no puede ser alterada rápidamente, por lo cual el ideal práctico debe ser conseguir un desarrollo adecuado más bien que la justa magnitud absoluta, y *c*), que la teoría de la población no puede aplicarse sin grandes reservas a sectores parciales de la humanidad.

Si el crecimiento de la población no se vigila mediante una adecuada política demográfica, sólo por casualidad coincidirá con la dimensión óptima, máxime cuando este punto de óptimo está siempre en movimiento por cambios en cualquiera de los factores que lo originan. Carr-Saunders agrupa los agentes que rigen el óptimo en tres epígrafes: 1), los recursos naturales del país; 2), la constitución, dotes naturales, habilidad adquirida, conocimiento y hábito de los habitantes; 3), las oportunidades internas y externas de actividad económica.

Mas ¿cómo podremos juzgar si la población es mayor o menor que el óptimo? De las varias pruebas propuestas sólo una, a juicio del mismo autor, merece atención cuidadosa: los movimientos del ingreso real. Es decir, si el ingreso real por habitante se incrementa —supuesto constante el equipo tierra-capital— al hacer crecer la población, alcanza un máximo después de cierto crecimiento, y a raíz de cualquier ascenso demográfico ulterior decae, no sería difícil determinar este óptimo.

(1) La riqueza.

Sin embargo, las posibilidades de que sea este el proceso, son dudosas, en cuanto actúan dos fuerzas opuestas: una, que incrementa la renta al aumentar la población como consecuencia de hacer posible una más amplia división del trabajo y un aprovechamiento cada vez mayor del equipo capital por una demanda más amplia de los productos de las industrias, y otra, tendencia opuesta debida a la limitación de los factores productivos, tierra y capital, y por la vigencia inexcusable de la ley de los rendimientos decrecientes.

Ahora bien, si se conviene que, con un equipo dado de tierra y capital, el volumen real de producción *per capita* crece, alcanza un máximo y luego decae a medida que la población aumenta, tenemos sin discusión, en la mano, el medio de determinar si en un momento dado hay superpoblación o subpoblación.

Tomadas las cifras de población, de producción *per capita* o de producción total, fácil es deducir el producto marginal del trabajo; entonces si el producto marginal del trabajo es menor que la producción *per capita*, la población es mayor que el óptimo, y en caso contrario está por debajo. La prueba, por tanto, sería: si el pago de salarios a la mano de obra, producto marginal del trabajo, no absorbiese toda la producción del país, porque la producción *per capita* es mayor que el producto marginal del trabajo, la población es superior al óptimo. Por el contrario, si la producción *per capita* fuese inferior al producto marginal del trabajo, de manera que no hubiese una producción suficiente para pagar a la mano de obra un tipo de salario tan alto como su producto marginal, la población es demasiado escasa.

De la reserva con que hemos de acoger estos resultados por la irreal simplificación que supone el considerar invariantes los factores tierra y capital, son buena prueba las siguientes consideraciones que hace Carr-Saunders a este respecto:

«Suponiendo que tengamos cifras de población (= P) y del ingreso real (= I) para un período, pero que no sepamos en qué dirección se está moviendo el óptimo (= O), nada podemos inferir con certeza. Tememos el caso de que P aumenta, y lo mismo I, que es el caso de muchos países industriales en el último siglo. P puede ser igual a O durante todo el período; si O se eleva de prisa, la subpoblación puede estar en creciente; si O desciende de prisa, la subpoblación puede estar decreciendo. Hay otras posibilidades.

»En ciertos casos podemos discernir con cierta confianza en qué dirección se está moviendo O. Así, en muchos países industriales en el último siglo, de los tres agentes que se ha dicho que rigen a O, mientras que (1) era estable, (2) y (3) estaban tendiendo a elevar a O. Esto último elimina otras posibles interpretaciones del caso cuando P e I están también elevándose. Pero en el presente siglo, y con especialidad después de la guerra, evidentemente no es claro en qué dirección se ha movido O, porque mientras (1) ha sido estable y (2) se ha elevado, (3) ha sufrido cambios violentos de los más dañinos. De esta manera, aun cuando poseyésemos cifras de I de países industriales en años recientes, su interpretación sería muy dudosa. Pero, podemos decir, de todas maneras, que si han ocurrido serios desajustes en países industriales desde la guerra, se han producido por cambios en O, y no por movimientos de P.

»En otros casos, en los de aquellos países agrícolas capaces de bastarse a sí mismos, podemos inferir que O se ha movido un poco, aun en épocas recientes, porque de los agentes que rigen a O ninguno ha cambiado mucho. Este hecho elimina ciertas interpretaciones posibles de cambios registrados en P y en I. La dificultad está en que rara vez tenemos cifras fidedignas de I para tales países, y sólo podemos basar cálculos aproximativos de sus movimientos recientes sobre observaciones generales.

»Finalmente, si bien es posible inferir de comparaciones entre dos países que P está más alejada de O en uno que en otro, es imposible decir sobre esta base si P, en el país en que se encuentra menos desajustado, se halla al nivel o un poco distante de O.»

De todas formas, siguiendo esta u otra técnica aconsejable, resultará no sólo interesante, sino imprescindible el cálculo y determinación del óptimo desarrollo de la población nacional, considerando la trascendencia suma del factor en la riqueza nacional.

25) ENSAYO DE VALORACIÓN

La simple enumeración de las partidas constitutivas del inventario económico español resultará pobre aportación en tanto no sea posible plasmar el inventario que hemos pretendido describir, en datos cuantitativos.

La forma cuantitativa de apreciación tiene sobre la cualitativa para los fines que pretendemos, enormes ventajas, y entre ellas, la de fijar con mayor nitidez y claridad el valor de las cosas.

La apreciación cuantitativa del inventario económico nacional podría proporcionarnos en el orden macroeconómico ventajas similares a las que en conocimiento del patrimonio proporciona a individuos y empresas. Constituiría, como todo inventario, la base de la organización de la contabilidad nacional, y a través de ella podrían conseguirse efectos de capital importancia para la vida de la nación y de sus habitantes.

Aunque hemos hablado, al tratar de la composición y clasificación del inventario de la condición cualitativa de algunos de los tales factores y de las dificultades que se oponen en orden a una apreciación perfectamente cuantitativa de los mismos, las inmensas ventajas que a nuestro juicio derivarían de la tal valoración imponen el intento de lograrla, aunque sea aproximada.

El procedimiento seguido ordinariamente para valorar la riqueza de una nación es calcular por separado el valor monetario y luego sumar unas con otras. Mas al hacer el inventario de los individuos y de las empresas, encontramos, al lado de los bienes monetarios, créditos de varios géneros y los títulos que los representan (acciones industriales, títulos del Estado, etc), además de dinero fiduciario. Y claro está que ha de evitarse toda duplicidad en el cálculo; los créditos representados por las acciones industriales, corresponden a un débito de la sociedad emitente, al título de renta corresponde un débito del Estado; y si el papel moneda fuese un elemento de riqueza, sería fácil a un Gobierno incrementar sin límites la riqueza del país con sólo hacer funcionar la máquina de hacer billetes. Unicamente en el caso en que los créditos que poseen los individuos sean créditos contra el extranjero (entre los cuales se comprenden los billetes de los Bancos de otros países), formarán parte indubitadamente de la riqueza nacional. El valor de la clientela, el nombre comercial, la razón social, forman parte del patrimonio de la empresa y pueden estimarse en dinero en la transferencia del negocio, pero esta forma de riqueza privada tampoco forma parte de la riqueza de la colectividad.

Por otra parte, si este método de calcular es útil para muchos fines, no deben olvidarse los errores que con él se cometen; de una parte, porque muchos dones de la naturaleza dejan de ser computados cuantitativamente, y de otra, porque se subestima la importancia de todo lo que por abundar mucho tiene un valor pequeño en el mercado. Piénsese en la diferente valoración de la tierra en países que, como Australia, la tiene en abundancia para su menguada población, o en Holanda, donde la posesión de tierras cultivables escasea hasta límites de angustia.

Dice Marshall que la carencia de esfuerzos sistemáticos para conseguir los informes necesarios para realizar este cálculo de la riqueza, obliga a basarse en la mayoría de los casos en los ingresos o rentas que se capitalizan a diversos tipos elegidos con respecto: primero, al tipo general del interés corriente en el año; segundo, a la clase de renta de que se trate, según sea; (*a*), el producto permanente de la riqueza en sí misma, o (*b*), el producto del trabajo o el desgaste del propio capital. Este último epígrafe es especialmente importante en el caso de las instalaciones que se deprecian rápidamente, y aún más en el caso de las minas, que son susceptibles de quedar pronto agotadas; ambas deben ser capitalizadas en pocos años. Por el contrario, el poder de rendimiento de la tierra es susceptible de aumentar, y cuando esto ocurre, los ingresos han de capitalizarse con un gran número de años.

En un intento, quizá en extremo pretencioso, de ensayo de valoración, podríamos ensayarla a través de la siguiente clasificación de factores:

a) Factores que proporcionan renta normal.

b) Factores que, pudiéndolo, no proporcionan renta, o la proporcionan notoriamente escasa.

c) Factores de difícil clasificación cuantitativa en sí o en su renta.

d) Población.

El encaje de los factores en los tres grupos indicados es perfectamente posible, aunque prolija. Una vez hecha, proporcionará fundamento real para una valoración aproximada del inventario, que podrá tratarse de mejorar constantemente.

Los factores del grupo *a*) quedarán valorados mediante la capitalización de las rentas al tipo normal de interés.

Los factores del grupo *b*) podrían ser valorados en la misma forma. Si no producen renta, no tienen valor capital actual para la nación, y lo tienen pequeño si la producen en escasa cuantía. Pero considerando que en muchos casos, conforme ya hemos expuesto, la existencia de bienes potenciales que no se hallan en producción actual, pero que pueden estarlo mediante una inversión o puesta en funcionamiento, constituye indiscutiblemente un elemento inventarial a tener en cuenta, queda como segundo procedimiento de valoración el de capitalización, según valor actual, de la corriente de rentas posibles, previo descuento del mismo valor actual de la corriente de inversiones necesarias para poner a tales factores en condiciones de pleno funcionamiento.

En cuanto los factores del grupo *c*), que no admiten fácil va-

loración cuantitativa, deben ser objeto de estudio especial para tratar de lograr el conocimiento de las conexiones en que se hallan con los factores que producen renta, tratando de llegar, mediante el conocimiento de tales influencias, al del valor inventariable de los mismos factores.

Como caso más concreto, tenemos el de la población. Es indiscutible que de conformidad con la ética, hemos de considerar al hombre como portador de valores. Quedan integrados valores de todo tipo que ocupan una escala jerárquica. Pero es incuestionable, sin que ello suponga el menor menoscabo para los factores no materiales, que todos ellos influyen con frecuencia en uno u otro sentido, por medio de conexiones infinitas en la producción de bienes materiales.

Desde el punto de vista nacional es indiscutible que una población numerosa, adaptada, sana espiritual y corporalmente, es fuente de satisfacciones no sólo espirituales, sino materiales.

Si admitimos que la población debe tener su lugar y su valoración en el inventario nacional, hemos de perseguir el mejor procedimiento de lograrlo.

La existencia y actuación de la población proporcionará a ella misma y a la nación diversa clase de bienestar y satisfacciones, algunas difíciles de valorar. El carácter social y amable de un pueblo es fuente de satisfacción, aunque no alcanzamos, por el momento, la posibilidad de medición cuantitativa de la misma. Si consideramos que lo normal es que las condiciones bellas y buenas se traduzcan en resultados positivos, podríamos adoptar éstos, si no como medida, sí como indicio del valor total de las condiciones y cualidades que a la población adornan. Del mismo modo se ha podido tomar, en general, el bienestar económico, como índice, aunque no como medida del bienestar total de una nación. De esta forma y como intento de primera y grosera aproximación, sin desdoro a los factores no materiales, podríamos tomar la renta percibida anualmente por los individuos, como índice del valor inventariable de la población de un país. Podría considerarse la renta percibida como reflejo aproximado del factor hombre en un medio determinado y en unas condiciones dadas, valor circunstancial, por tanto, que en nada afecta a los valores extramateriales del ser humano ni a la dignidad del mismo.

Al mejorarse las condiciones productivas del hombre, su cultura, adaptación, condiciones sanitarias, etc., mejorarán lógicamente las productividades, con ellas la renta y con ésta el valor capital de la población.

26) EL BALANCE LEGADO-POTENCIAL

Nuestra nación recibió de Dios un patrimonio constituído por un determinado conjunto de bienes: situación, cielo, suelo, subsuelo, costas, riquezas minerales, etc., etc. Las generaciones que han vivido en nuestro suelo han usado anualmente de este legado, actualizado por las generaciones anteriores, para la producción de bienes y servicios de los que han gozado. Una veces han producido bienes y servicios en mayor cuantía de la que han consumido, y así el legado inicial que recibieron se ha visto aumentado con la incorpocación de riqueza; otras, el patrimonio se ha visto disminuído por consumos superiores a la producción.

Por otra parte, las generaciones, a su paso, han venido hallando para el patrimonio o legado recibido, aplicaciones nuevas que han ido dando nuevo valor a dicho legado.

Como han podido decir algunos autores modernos: «La habilidad del hombre para utilizar con eficacia los recursos de la tierra varía con el tiempo. En los primeros tiempos, las corrientes de agua le suministraban sólo bebida y alimentos, pero eran obstáculos insuperables para los movimientos de la población. Al perfeccionarse las embarcaciones, se convirtieron en importantes vías de comunicación, y más tarde, al continuar el progreso humano, se utilizaron para regar tierras, producir fuerza y otros usos industriales. Durante millones de años los recursos minerales han permanecido dormidos en las áreas en que se encuentran. Antes de adquirir más importancia, el hombre tuvo que encontrar uso para ellos. Ajustes notables están aún produciéndose a medida que el hombre encuentra nuevos usos para esos minerales y aprende a utilizar nuevos yacimientos con diversos costos de producción y distintas técnicas.»

Tenemos, por tanto, que el legado que cada generación traspasa a la que sigue, es el invariante sobre el que nos colocó la Providencia, que ha sufrido una incorporación de trabajo y de consumo y que a la vez se potencia de manera diferente, de acuerdo con las posibilidades técnicas de su explotación.

El balance, pues, del legado que se recibe y del que se transmite tanto real como en potencia, tiene una trascendente significación, porque representa la eficacia de la generación, eficacia que puede redundar en aumento del legado con o sin potenciación mayor del mismo, o bien en una disminución de aquél con o sin aumento en la potenciación.

Un deber vital, de ética histórica, nos impele al acrecimiento del legado o de su potencialidad, y si se hubiera implantado la contabilidad social en momento oportuno, veríamos perfectamente cómo los períodos de máxima vitalidad de la nación coincidirían con enormes aumentos del legado en su valor real y en su potencia, y cómo, por el contrario, las épocas decadentes supusieron un estatismo en la potenciación y unas pérdidas, a veces cuantiosas, del valor real del legado.

El conocimiento, pues, de nuestra actuación sobre este legado, es un imperativo incuestionable, y la implantación de la contabilidad social es el único camino de su consecución.

Es ello tan claro e inmediato, que no se precisa mayor glosa de su importancia. El conocimiento del legado potencial es, a fin de cuentas, el conocimiento de nuestra propia actuación en orden al cumplimiento de unos deberes sagrados que nos deposita la generación anterior y que hemos de transmitir a la que nos sigue, y este concepto dinámico del sentimiento nacional que trasciende ampliamente el minúsculo patriotismo del momento es el servicio que debemos a nuestra nación.

Pero además de este conocimiento de nuestro saldo como generación, que ha de realizarse en períodos de tiempo grandes (veinte o treinta años), existe la necesidad, para nuestra propia economía, de la formulación anual del balance que nos indique los resultados de la gestión anual, tomando las medidas generales para perfeccionarle en el próximo ejercicio.

La distinción que realiza la técnica de balances entre el balance anual de la empresa en marcha y el balance de traspaso de la misma, es la misma que queremos señalar al hablar de este blance legado-potencial y la cuenta anual de resultados, de la que pasamos a hablar en el próximo apartado.

27) LA CUENTA ANUAL DE RESULTADOS

El establecimiento del inventario se considera obvio para la implantación de la contabilidad social o nacional.

Cada una de las partidas del inventario pasarían a constituir una cuenta corriente, en la que se irían registrando las aportaciones y recepciones de la misma. Al igual serían establecidas las diversas cuentas de resultados, y a partir de ellas, la de «pérdidas y ganancias», que nos serviría para valorar los incrementos o deducciones anuales registrados en el inventario nacional. Ella reflejaría al observador y a los rectores de la economía nacional los resultados positivos o adversos del ejercicio. Al mismo tiempo, y a través de la misma cuenta, podría conocerse y observarse la distinta rentabilidad de las diversas actuaciones humanas, inversiones o gastos de medios durante el ejercicio, de forma que de la comparación de unas y otras puedan deducirse conclusiones en orden a la insistencia en determinados gastos por la excelente productividad o dejación de otros por sus resultados insatisfactorios. De esta forma, y a través del conocimiento de la mencionada cuenta, podría llegarse a una situación de óptimo rendimiento de los factores disponibles, que es la situación deseable para la nación.

La cuenta de resultados observada en su conjunto y referida al inventario nacional debida o aproximadamente valorado, nos indicaría la clase de rentabilidad obtenida de dicho inventario, y en síntesis, nos serviría para conocer en conjunto la marcha de la economía nacional.

Podría servir, además, para llevarnos a través del análisis detallado de las partidas, al conocimiento más concreto de los aspectos en que radican los puntos débiles o fuertes del sistema.

III) CONSECUENCIAS

31) EL CONOCIMIENTO DE LA RIQUEZA

El perfecto conocimiento de la riqueza nacional aprovechable que se logra con el inventario es un factor de extraordinario valor que no ha sido tenido en cuenta sino fragmentariamente. Llegar al perfecto conocimiento del inventario económico nacional requiere la conjunción de todos los esfuerzos, porque se trata de sentar la mejor base para todas las actuaciones posteriores encaminadas a una intensificación de la mencionada riqueza y a un aprovechamiento integral de la misma. Para este conocimiento y su aprovechamiento subsiguiente han de ponerse en tensión las fuerzas nacionales para lograr conocer con el mayor de los detalles el legado que nos dió la naturaleza y la incorporación de riqueza que al mismo hicieron las generaciones pasadas y nosotros.

Con este conocimiento de la riqueza, poseemos, además, un firme instrumento para el conocimiento de nuestras posibilidades y la proyección de los planes económicos de la nación.

Las consecuencias que a este respecto ha de tener el inventario son indiscutibles. La diferencia de los resultados económicos obtenidos con las medidas actuales que se ejercen sobre diversos aspectos de la riqueza nacional y los que se lograran con el pleno conocimiento de ella, que ofrece la realización del inventario, sería de por sí sólo una razón definitiva para la realización de este último.

32) EL RENDIMIENTO COLECTIVO

Es menester perseguir y lograr el más óptimo rendimiento de los factores a nuestra disposición, y ello no puede lograrse hasta que sea perfectamente conocida la riqueza nacional y sus oscilaciones a través de la cuenta de resultados de cada uno de los ejercicios. Dicha cuenta nos irá facilitando el conocimiento de los rendimientos parciales que se vayan obteniendo en las diversas ramas de la economía e irá aconsejando los trasvases de factores de unas a otras aplicaciones, según las conveniencias en orden a los rendimientos.

Pero, además, el conocimiento del inventario y la realización de la contabilidad nos pueden dar unos índices decisivos para el conocimiento de nuestras posibilidades en orden al logro de los óptimos mencionados.

Dos coeficientes principales han de obtenerse de la contabilidad social, el uno el que expresa la relación de riqueza total a número de habitantes; el otro, el definido por la relación venta a riqueza.

Ambos índices, el primero representativo de la parte alícuota de riqueza nacional correspondiente a cada individuo y el otro enunciativo de la mayor menor eficacia del colectivo en orden al aprovechamiento de la riqueza que posee, son de una importancia extrema para conocer la tendencia del rendimiento general y una muestra indiscutible del desarrollo del país.

33) LA RENTA NACIONAL

Denominamos como tal, la total producción de bienes y servicios de una nación en un determinado ejercicio, una vez descontada la parte de tal producción, que sirve para la amortización del capital nacional.

De la cantidad de bienes y servicios producidos se nutre la nación, y según que el consumo absorba toda la renta neta, más de la renta neta o parte inferior a la misma, el capital inicial permanece estacionario o se producen capitalización o descapitalización. El objetivo que ha de lograrse con criterio económico no consiste en la producción durante un ejercicio dado de la mayor renta posible, incluso mediante el agotamiento o desperdicio de las fuentes de riqueza, sino la producción de la mayor corriente en el tiempo mediante el aprovechamiento óptimo de los factores y de las reservas.

Salvado el principio de evitación del esquilmo de la riqueza futura para la obtención de una elevada renta actual, nada se opone a que se procure la obtención de la mayor renta posible, de forma que puedan quedar atendidas más largamente las necesidades de la población actual, quedando incluso un remanente para capitalización. Queda una disyuntiva consistente en si debe preferirse la producción, con los mismos medios, de bienes de inversión o de consumo inmediato, cuando los primeros hayan de producir corriente mayor en el tiempo.

Atendido el límite inferior de consumo que permita la vida en condiciones de dignidad, hemos de inclinarnos siempre por la mayor corriente de bienes y servicios en el tiempo, porque la vida de la nación no es de una generación, sino que cada una de ellas tiene el sagrado deber de incrementar el patrimonio común mediante la mayor incorporación posible de riquezas.

Existen numerosos antecedentes extranjeros sobre evaluaciones de renta, y en España mismo la Comisión para el cálculo de

la renta nacional ha realizado magníficos esfuerzos que han cristalizado en la apreciación aproximada de la misma. Tan sólo pretendemos llamar la atención sobre la íntima conexión existente entre el inventario económico nacional y los cálculos de la renta; cómo el uno es antecedente de los otros y ambos aspectos se complementan y sirven para la comprobación del rendimiento de una economía, así como la confrontación y estudio de las medidas adecuadas para el logro del óptimo rendimiento a través del empleo y combinación de los factores.

34) EL NIVEL DE VIDA

Así como la expresión «renta nacional» sirve para medir el rendimiento de una economía en funcionamiento, mostrando el caudal de bienes y servicios anualmente producidos, del que debe nutrirse la población con oscilaciones de inversión y desahorro, el nivel de vida indica la altura de bienestar que para la misma población, en conjunto o respecto a un tipo representativo, proporciona la renta consumida. El conocimiento del nivel de vida sirve para valorar el estado de satisfacción social o de la persona, y la mayor o menor amplitud en la cobertura de las necesidades vitales y satisfacciones suntuarias. Sirve para establecer comparaciones entre las colectividades y los componentes de ellas a la vista de los respectivos niveles, salvadas las dificultades técnicas propias de las intercomparaciones de niveles de vida temporales y espaciales, por los inconvenientes de valoración resultantes de la elección de productos y servicios que han de servir de base para el cálculo de tales niveles.

El nivel de vida puede deducirse directamente del nivel general de precios, existiendo varios procedimientos técnicos para calcularlo con aproximación.

El perfecto conocimiento y control del inventario económico nacional, así como del normal rendimiento del mismo, debe conducir al conocimiento del nivel de vida y a la elevación paulatina del mismo, mediante la más óptima explotación de los factores del inventario. No es un secreto que nuestro nivel de vida es en extremo bajo, hallándonos situados en peldaño muy inferior, no sólo respecto de los países largamente dotados, como Nueva Zelanda, Estados Unidos, Canadá, Australia y Gran Bretaña, que figuran en cabeza en cuanto a niveles de vida, sino también de los demás países de la Europa occidental. Las deficientes condiciones de nuestra estructura, el escaso rendimiento de los factores, el insuficiente grado de capitalización, son los principales obstáculos que se oponen a la elevación del nivel de bienestar deseable, y, sin embargo, es de todo punto necesario alcanzar un notable mejoramiento. Los esfuerzos deben encaminarse a la consecución del bien común, según la concepción clásica y de acuerdo con el alcance y significación atribuídos a tan alta finalidad por el ilustre sociólogo y economista don José Larraz, en su célebre obra «La meta de dos revoluciones». El triple imperativo de la caridad, la justicia y el patriotismo debe impulsarnos a luchar por lograrlo.

35) LOS MOVIMIENTOS SOCIALES

El hombre es a la vez un ser portador de valores y un factor de la producción. No merma la dignidad humana el reconocimiento de este hecho. Como portador de valores merece gozar del nivel de vida que le permita el cumplimiento de sus altísimos fines materiales y espirituales, en tanto que como factor de la producción debe gozar de una remuneración equivalente a la productividad marginal rendida. Donde la productividad marginal (el salario) no pueda proporcionar el nivel de vida suficiente para el cumplimiento de los fines mínimos, se producen los movimientos de huída o emigración hacia ocupaciones y países con posibilidades más remuneratívas. El problema de los movimientos sociales se halla a la vez ligado con el desarrollo óptimo de la población, de que se ha tratado en lugar oportuno.

Con independencia de los movimientos emigratorios o inmigratorios han de ser estudiados cuidadosamente los que tienen lugar en el factor trabajo concebido en su totalidad: trasvases de la mano de obra de más de unas a otras ocupaciones, de las de producción de bienes de consumo a las de inversión, de las agrícolas a las industriales problemas que plantea la tendencia al absentismo reiteradamente comprobada, los que se originan respecto a la elección de profesiones por la distinta rentabilidad de las mismas, atendido el aspecto vocacional, así como las repercusiones inmediatas y futuras que en la economía nacional se derivan de tales traspasos del factor humano.

El estudio detenido de estos problemas de tan enorme importancia económico-social podrá ser abordado con mucha mayor facilidad gracias a los medios que ha de proporcionar la contabilidad nacional, por cuyo motivo la implantación de la misma cobra renovado valor.

IV) EL INVENTARIO EN LA POLÍTICA ECONÓMICA

41) EL CONOCIMIENTO MACROECONÓMICO

Ya hemos hablado antes de la generalización dinámica de la economía y de la necesidad de conocer en su totalidad las múltiples vinculaciones de los diferentes procesos para poder operar sobre un aspecto cualquiera de la economía con plena información sobre las reacciones que se han de producir.

El actual absoluto desconocimiento que existe de ese campo ingente, que es el cotidiano quehacer económico nacional con sus múltiples y complicadas vinculaciones y con su rigidez completa en lo que respecta a falta de individualidad de sus procesos, no puede nunca proporcionar una visión completa del panorama económico de la nación. Y esta situación, que se ha de reconocer como insostenible, se supera totalmente con esa labor ardua pero definitiva de la evaluación de la riqueza nacional a través de su inventario y del control de su proceso mediante la contabilidad social.

Las necesidades económicas que imperan en el mundo desde la terminación de la primera Gran Guerra, ha forzado a los Gobiernos más tradicionalmente defensores de la economía libre a intervenir en forma más o menos abierta el desenvolvimiento económico de su nación. ¿Cómo puede realizarse sabiamente este intervencionismo sin un conocimiento pleno y verdadero del campo operatorio?

Es de tal magnitud la importancia de cualquier decisión política a tomar, que la necesidad de ese conocimiento es verdaderamente inconcusa.

La tarea de inventariar la nación a estos fines es inaplazable; sólo después podrá hablarse de que el Estado posee un instrumento eficaz para sus medidas políticas proyectadas y ponderadas a

través de su repercusión e incidencia macroeconómica, tanto las medidas monetarias a través de sus fenómenos multiplicadores de ahorro e inversión como los ajustes fiscales, las decisiones en orden al mercado exterior, etc.

42) EL ESTUDIO DE LAS TENDENCIAS

Los movimientos de amplio período tienen enorme importancia en la moderna teoría económica. Estos movimientos están compuestos de acuerdo con la teoría oscilatoria, por una superposición de movimientos más simples que el amplio juego de las resultantes, desde la resonancia a la anulación producen unos movimientos cíclicos o erráticos de trascendental importancia para el desarrollo económico del país.

Conocidas a tiempo las características e importancia de estas tendencias, es posible efectuar una defensa ante sus perniciosos efectos, pero su conocimiento requiere forzosamente poseer el de la colectividad económica entera.

Unas veces, el carácter cíclico de algunas tendencias generales muy estudiadas desde principio de siglo, permite predecir imprecisamente sus efectos, pero el conocimiento macroeconómico a través del inventario y contabilidad nacionales aporta una serie de datos sobre el desarrollo del proceso que permite encauzarlo y combatirlo antes de que deje sentir sus efectos. A través de la contabilidad social y de su balance anual pueden seguirse de cerca los procesos de ahorro y desahorro tan íntimamente vinculados a la prosperidad y depresión nacional, los fenómenos de capitalización, los de empleo, las interconexiones de precios, las propensiones al consumo, las elasticidades de oferta y demanda, la liquidez del sistema, y tantos otros aspectos hoy abandonados, y cuando más, leve o equivocadamente vislumbrados.

Y sólo mediante la contabilidad social podrá ser instrumento eficaz la figura del presupuesto nacional y las medidas del control presupuestario, tema decisivo sobre el cual no merece la pena extenderse en rotundas disquisiciones.

43) LA MACRORRACIONALIZACIÓN

Designamos como macrorracionalización del trabajo el posible conjunto de normas que informen, a manera de directrices generales, la organización de la producción en una vasta triangulación de primer orden, con la necesidad de que la técnica actual, la microrracionalización, acuda rápidamente al relleno de la cuadrícula, al detalle de cada unidad.

Como entusiastas fervientes de la racionalización hemos de apoyar la inquietud que hoy se centra en torno a la organización científica del trabajo, pero hemos de insistir rotundamente en la ineficacia a que puede declinar dicha racionalización de límites reducidos, si no va acompañada de una racionalización de directrices, de una macrorracionalización.

Ello no es, ni con mucho, un descubrimiento, y quizá no signifique siquiera una aportación a la inquietud pasada o presente de los especialistas en la materia; podrá ser, a lo sumo, un toque de atención en el proceso científico a que asistimos, aunque estimamos su glosa de gran importancia.

Ya en el Congreso Internacional de Organización Científica del Trabajo, celebrado en Bruselas en el año 1925, apuntó por vez primera la transcendencia que en la nueva ciencia habría de tener el estudio de la organización general de la producción.

Años después, en la comunicación presentada por Hopf al Congreso de Organización del Trabajo, reunido en Londres en 1935, se señalaba que el nuevo movimiento técnico debía enderezarse hacia una «ciencia del óptimo», óptimo de una empresa, de un gremio o de la industria general. Para Madariaga, el ciclo final de la racionalización alcanzaba a la organización absoluta de la economía nacional y los últimos trabajos de Person bajo la más amplia y moderna definición de «Industrial Engineering» agrupan junto a los primitivos estudios toda una técnica exógena a la unidad de producción: el «marketing», la teoría de la unión horizontal de las empresas, etc., que son principios de macrorracionalización.

Pues bien, la importancia que en este movimiento tiene la realización de la Contabilidad social es tan definitiva, que podemos asegurar que sin ella no podrá avanzarse con eficacia en el difícil camino de la macrorracionalización.

Premisa para cualquier intento de esta clase ha de ser el perfecto conocimiento de la situación sobre que se opera, y ese conocimiento exacto y cabal sólo puede darlo el examen contable de la riqueza nacional.

V) EL INSTRUMENTO

Si como exponente de la tarea realizada en el desarrollo esquemático de nuestro tema hemos llegado a la conclusión de la necesidad de una contabilidad social y a la posibilidad, nada fácil, de alcanzar como premisa de la misma, la formulación de un inventario nacional, hora es de considerar por qué medios pensamos realizar los fines que nos proponemos.

No pretendemos extendernos en un detallado informe acerca del instrumento que de manera eficaz sirviera a la meta propuesta de inventariar la riqueza nacional, pero cualquiera que sea la institución o el organismo propuesto, la maquinaria administrativa de que se valga, las juntas o comisiones que con él colaboren, se hace preciso considerar la inserción orgánica del mismo, dentro del sistema de nuestro ordenamiento jurídico-económico.

Dejando a un lado toda polémica sobre la construcción ideológica del Estado, su mayor o menor intervencionismo, entendemos como función inexcusable del mismo la realización del inventario nacional, de acuerdo con su voluntad expresamente afirmada en el Fuero de Trabajo, de poner la riqueza al servicio del pueblo español, ¿y a quién sino a él le incumbe la tarea de relacionar, detallar y valorar esta riqueza? No se trata de una intromisión más del «monstruo del Estado» —en frases de Mac Iver— en la actividad económico privada, investigando con fines de indagatoria fiscal el patrimonio familiar o empresarial, sino en la concordancia indubitada del interés personal con el interés social, pues si es justo que el individuo que, es el agente del progreso económico, de la dinámica del sistema, sea al mismo tiempo su beneficiario, no es menos justo que el Estado vele y se preocupe del interés colectivo, como intérprete natural que es de los supremos intereses de la nación y del bien común (declaración XII, párrafo 1.º, del Fuero de Trabajo). La justicia bajo esta forma se nos revela como la simple transposición, sobre el plano moral, de la vida misma del sistema económico considerado. La

posición rectora que el Estado español se asigna legalmente (preámbulo de la Ley de 6 de diciembre de 1940) en el ámbito de la actividad económica presupone la creación de medios adecuados y la organización de los mismos, como pura fórmula instrumental, regida y manejada por él, con sentido de responsabilidad y función pública.

Es preciso, siquiera sea esquemáticamente, llegar a saber algo sobre la forma que debería revestir el organismo a quien se confiara las atribuciones de dirección y gobierno del inventario. Toda consideración al respecto puede ser más o menos convincente, y es de esperar que sobre su estructuración se levanten las más acervas críticas. Mas cualquiera que fuese nuestra propuesta a este respecto, nada podemos estructurar si no es a base de un sistema orgánico, necesariamente articulado en profundidad y extensión y con un ligamento coordinatorio con los organismos ya existentes capaces y adecuados para colaborar a la ingente tarea de incorporar en conjuntada armonía la evaluación total de las partidas que constituye el acervo de la riqueza nacional.

Ahora bien, dado que el esfuerzo que para formular el primer inventario, que ponga en marcha la contabilidad social, ha de ser mucho mayor que el preciso para mantener luego al día esta contabilidad, parece lógico crear en principio un instrumento de carácter provisional para realizar el inventario, que al propio tiempo en base de su experiencia proyectara el organismo definitivo que habría de hacerse, finalmente, cargo de la Contabilidad nacional.

Este primer organismo sería la «Comisión para formulación del Inventario Nacional», que, dependiente de la Presidencia del Gobierno, habría de enlazar, de una manera eficaz entre otros, con los siguientes Centros y Dependencias Administrativas.

Consejo de Economía Nacional.
Ministerio de Obras Públicas.
Ministerio de Agricultura.
Ministerio de Ejército, Marina y Aire.
Subsecretaría de Educación Nacional.
Subsecretaría de la Marina Mercante.
Dirección General de Propiedades y Contribución Territorial.
Dirección General de Contribuciones y Régimen de Empresas.
Dirección General de la Renta.
Dirección General de la Deuda y Clases Pasivas.
Dirección General de Industria.
Dirección General de Montes.
Dirección General de Trabajo.
Dirección General de Previsión.
Dirección General de Bellas Artes.
Dirección General de Archivos y Bibliotecas.
Dirección General de Administración Local.
Dirección General de Correos y Telecomunicación.
Dirección General de Minas.
Dirección General de Registros.
Servicios de Bienes Extranjeros del Ministerio de Asuntos Exteriores.
Instituto Nacional de Estadística.
Instituto Geográfico y Catastral.
Instituto Geológico y Minero.
Instituto Nacional de Previsión.
Vicesecretaría para la Ordenación Económica Social.
Organización Sindical.

Aunque las complicaciones estadísticas y de evaluación sean considerables, no es una cuestión difícil, y mucho menos imposible, el cálculo del activo inventarial a través de esta Comisión, subdividida en cuantas secciones especiales sean convenientes para el avalúo de sectores concretos y definidos de riqueza, en proceso repetido, con la esperanza de que la adecuada combinación de los resultados obtenidos constituirá al fin un total inventario apto para servir de base a la contabilidad social.

No ha de alarmarnos el hecho de que el instrumento inventarial así concebido precise de momento, en sus primeros trabajos, una gran plantilla de colaboradores; hemos de recordar a estos efectos que el Plan Monnet, al que se debe sin discusión la recuperación económica de Francia, ha sido elaborado por más de mil economistas y técnicos, pero creemos que cualquier esfuerzo que realice el Estado, a estos efectos, ha de ser ampliamente recompensado a corto plazo. El Inventario Nacional no es un lujo informativo, y la Contabilidad Social es una necesidad absoluta que nuestra nación no puede eludir.

Mayo, 1950.

El señor Gallego Díaz: Me interesa felicitar al señor Arespacochaga por el brillante trabajo que ha leído, que coincide con otro que hemos presentado. Decíamos nosotros que sin un inventario riguroso de la riqueza nacional, era estéril cualquier estudio o proyecto de plan de mejoras que se intentase. Un perfecto conocimiento del inventario lo estima el Ponente como base inexcusable, y nosotros también.

Aparte de estas coincidencias hay otros aspectos muy importantes en el trabajo del señor Arespacochaga, que tiene una concepción original sobre la manera de graduar la riqueza nacional y de formar ese inventario, dividiéndolo en tres grandes compartimientos. Y ha llegado a un instrumento, hoy desconocido en nuestra patria, que es el de la rentabilidad. Esto supone un nuevo procedimiento para el inventario de la riqueza, ya que este cálculo para la renta nacional, en España se ha hecho defectuosamente. En otros países, como Inglaterra, por ejemplo, esta renta nacional es un subproducto de la tributación.

Ha señalado el señor Arespacochaga dos extremos extraordinarios importantes que contribuiría al mejor éxito del inventario y a la previsión más precisa de las posibilidades del

desenvolvimiento futuro de la nación. Uno, se refería a la política demográfica y a la población. Saben ustedes que la curva del desarrollo de todo ser vivo se disipa también con el crecimiento de las naciones, que es la curva logística. Estos estudios se han realizado en Alemania, Australia, Nueva Zelanda, Inglaterra, etc., es decir, en el noventa y cinco por ciento de los países civilizados.

No conozco ningún estudio serio hecho en España a este respecto.

Un congresista: Sí lo hay, y está publicado en el Boletín de Estadística.

El señor Gallego Díaz: Otra cuestión importante, que no se ha hecho con precisión, es la distribución de la renta en España, si se sigue la curva de Paret. De todas maneras, se trata de extremos que, en cierto modo, son decisivos para la mejor integración de las distintas cuentas que intervendrán en el balance definitivo.

Independientemente de estas facetas, ha tocado el señor Arespacochaga un extremo que se sale un poco de la cuestión. Se trata de la persistencia en las funciones públicas de los más viejos de la Nación, y alude a que en algunos países se ha rebajado la edad de la jubilación. Sería interesante que la Sección solicitase de los Poderes Públicos alguna medida en nuestra Patria.

El señor Aracil: En los años de experiencia que tengo he visto tres cambios de edad de jubilación, y conste que no soy tan viejo. Vamos a no tocar este punto en un sentido ni en otro, porque parece que, tras de esas maneras siempre van agazapados unos señores a los que no les vemos la cara.

El señor Arespacochaga: Se le ha dado importancia excesiva en esta cuestión, que ha sido simplemente un "impace" en la discusión del problema, que tiene un rango mucho menor. Lo he señalado para centrar un poco la atención de los señores congresistas, pero no tengo especial interés en el asunto.

El señor Benlloch: La Ponencia que acaba de leerse es de importancia extraordinaria y el asunto está tratado con originalidad grande, y lo único que desearía es que se concretara un poco la Conclusión. Porque, ¿qué conclusión vamos a acordar?

El señor Arespacochaga: La necesidad del inventario.

El señor Benlloch: Esto es poco. Está en el ambiente. Nosotros tenemos que decir cómo se va a hacer este inventario. Lo indico a propósito de que me parece que ha concretado este extremo el autor de la Ponencia al proponer el nombramiento de una gran Comisión. Pues bien, téngase en cuenta que ya hay una Comisión que lo está estudiando, constituída por personalidades destacadas y que actúa en la cuestión de la renta nacional. ¿Qué se va a hacer? ¿Se van a ampliar las facultades de esa Comisión? Lo que deseo es que se concrete la Conclusión que vamos a poner. Tenemos que hacer una Conclusión de orden práctico, porque el que se haga el inventario ya se dijo multitud de veces.

El Presidente: El autor del trabajo dirá si quiere hacer una propuesta de Conclusión concreta o no, porque en este Congreso ha habido una serie de problemas que no han terminado en Conclusiones concretas, sino que han quedado como un principio de estudio o una aportación de conocimientos, para posteriormente seguir sobre ellos. Si en el conjunto del trabajo que leyó ayer el señor Gallego Díaz, y en algunos otros que quedan pendientes de lectura, se hablase de lo mismo, es decir, de la riqueza y del inventario nacional, podría haber una Conclusión de carácter general, en que se recoja el interés o la necesidad, a juicio del Congreso, de que se intensifiquen los balbuceos que hasta ahora hay en cuanto a la formación de este inventario, y para ese momento sería una aportación valiosa el trabajo del señor Arespacochaga.

El señor Arespacochaga: De intento, he dejado la redacción de una Conclusión definitiva para que la Asamblea me diera algunas ideas, no sobre su formalización, sino sobre el momento más eficaz para realizarla.

Debemos tender a la máxima eficacia, y tengo miedo de que si no damos unas Conclusiones rotundas, todo se quede en unas cuantas afirmaciones anodinas, que no tengan mayor transcendencia. Puede ser una Conclusión definitiva el decir que, ante la importancia absoluta de la cuestión y su transcendencia, es preciso que en plazo brevísimo se forme esta Comisión de estudio.

El señor Benlloch: Indudablemente, la ejecución de ese plan necesita de un órgano. Éste es un Congreso de Ingeniería. Los Ingenieros tienen Cuerpos al servicio del Estado, y el Congreso de Ingeniería podría decir que esos Cuerpos cooperen a la formación de ese inventario con todo entusiasmo. Algo así hay que decir.

El Presidente: Estoy de acuerdo con lo que manifiesta el señor Benlloch. Lo que yo había

querido explicar era que no había oído unas Conclusiones concretas. Ahora ya nos han explicado que no se han traído, a propósito, para elaborarlas aquí en conjunto. Por lo tanto, si les parece a ustedes, como faltan por leer otros trabajos, podríamos continuar este examen después de conocer su contenido. Estoy a la disposición de ustedes. Si prefieren ahora, podemos seguir. ¿Quieren ustedes que vayamos concretando? ¿O quieren ustedes que lo suspendamos hasta mañana?

El señor Arespacochaga: Puedo traer unas bases a la próxima reunión, perfeccionando este trabajo.

El Presidente: Todo lo que sea en provecho y eficacia, está, desde luego, admitido. Por eso los consultaba a ustedes. Conste que quedan pendientes de concretar las Conclusiones de este trabajo para terminarlas de redactar al final, después de que sean conocidos los demás que toquen sobre este tema.

El señor Lizarco: Considerando que la idea expuesta en ese trabajo es interesantísima, quería hacer la sugerencia de que para llevarlo a la práctica, se encomendase el asunto al mismo Organismo que trata de la renta nacional, o sea, la misma Comisión que estudia la renta nacional, fuera la que acometiese el trabajo de hacer la contabilidd y el inventario nacional.

El Presidente: La Mesa lo recoge, porque hemos quedado en que se tratará un proyecto de Conclusiones. Y, como el señor Benlloch ha hecho una observación encaminada a que, a poder ser, se cuente con los Cuerpos técnicos que existen en el Estado, se sobrentiende que no se habla de un nuevo Organismo con burocracia abundante y con muchas fichas, sino que se trata de que se coordinen los trabajos de los distintos Cuerpos para llegar a una eficacia con el menor gasto posible.

El Presidente, dice, que no estando presentes los autores de algunos de los trabajos que restan por conocer, el señor Secretario dará lectura a los resúmenes de los mismos, que en su completo texto se reproducen a continuación:

N.º 196. - El cuarto factor de la producción

Autor: D. MIGUEL RUIZ LUENGO
Ingeniero Industrial

Como el médico en el laboratorio acomoda el medio ambiente para encauzar hacia una finalidad la actividad de cada microorganismo del cultivo, así el papel del gobernante es adecuar el medio económico-social, de forma que, de la integración de las egoístas actividades individuales de todos los súbditos, resulte el bien de la comunidad.

0. GENERALIDADES

01. Tema difícil éste por el peligro de que un elogio pueda interpretarse como adulación o un reparo como censura, delimitándose así el estrecho sendero de la fecunda crítica, que es el que, revistiéndome de objetividad, pretendo seguir (y así Dios me ayude en mi empeño, y el lector disimule mis defectos) para llegar a discernir las causas del enorme descenso de productividad humana en los últimos tiempos, y asimismo la razón de los descontentos sociales que desde hace siglos aquejan a la humanidad, originando una consuetudinaria falta de rendimiento industrial y laboral, motivados ambos fenómenos por una ilógica, y a veces gregaria, intervención de los Estados en la dirección de las economías particulares y racionales.

02. Desde la anarquía más absoluta, hasta el sistema bolchevique y aún más allá, pueden concebirse infinitos grados de intervención del Estado y el malogrado economista español, catedrático de la Universidad Central, don Vicente Gay, en su genial artículo titulado «La suerte del llamado dirigismo», plantea con sumo acierto la cuestión de hasta dónde se ha de extender la intervención en las economías particulares. Pero pese a la innegable pertinencia de la pregunta, todos convendréis conmigo en que la solución del vital problema de la producción no reside en el incremento, sino en la total racionalización de dicha intervención, racionalización que abarca no sólo el cuanto, sino también el cómo, el cuánto, el dónde y como consecuencia el quién.

A fijar algunos jalones para dicha racionalización tiende este pequeño trabajo, que enfoca el asunto desde el punto de vista del aumento de rendimiento productor de ese conglomerado social que llamamos Nación, con vistas a la ampliación del nivel medio de vida de sus súbditos, sin pretender con ello discriminar la importancia que a dicha mejora económica corresponda dentro de la finalidad trascendente del Estado.

03. Dado lo delicado del tema, y a fin de quitar todo mal sabor a nuestra crítica, adecuaremos nuestro estudio extendiéndolo a todas las economías de tipo metropolitano o de libre soberanía, bien entendido que nuestro objeto primordial es que las consecuencias obtenidas sirvan los intereses españoles.

Haremos notar, además, que las diferencias entre los diversos sistemas económicos de todo el mundo son más aparentes que reales, por lo cual muchas deducciones podrán ser extendidas hasta los países coloniales y aún a Rusia y satélites.

04. Si influencia grande tienen los sistemas de educación nacional y justicia gubernativa en la formación profesional, técnica y moral, y, por lo tanto, en la capacitación laboral de los países, toda otra disposición emanada de cualquier sector determina una modificación económica o social refluente sobre la productividad, pero no trataremos de ellas, y sólo en forma global nos ocuparemos de las procedentes de las secciones técnicas que, siendo de acción directa, tienen efectos menos trascendentales que las de acción indirecta devenidas de las disposiciones fiscales y sociales, orientadas a resolver cuestiones de otra índole, y, por lo tanto, faltas de la precisa investigación de su efecto sobre el rendimiento, de cuya omisión proviene el colapso mundial.

05. La legislación fiscal, industrial y laboral, ni es coetánea ni homogénea; no está circunscrita a los actuales tiempos, sino elaborada y compuesta en el transcurso de los siglos sin obedecer a ningún plan concreto y fijo, resultando muchas veces de impulsos momentáneos, y otras, cuando más, efectos de planes parciales heterogéneos, como diversos han sido los gobernantes, y así, por un error de principio se ha prescindido siempre del estudio de las reacciones económicas que dichas disposiciones ejercen sobre los dos conjuntos más sensibles en el área de la producción, cuales son: el ahorro y el potencial humano.

Si bien recientemente se deja ya notar en todo el mundo la inquietud por una racional orientación de las reglamentaciones y disposiciones antes mencionadas (y no precisamos prueba de esta afirmación, puesto que es evidente la ansiedad de los go-

bernantes), todavía no se ha llegado a comprender que sólo llegaremos a encontrar la fórmula que solucione la crisis de la producción por el camino del raciocinio ejercitado sobre los sencillos principios psicológicos y económico-sociales.

Consecuencia de dicha impresión es la adopción como axiomáticos de ciertos principios que sólo a la costumbre deben su apariencia de equidad, y sobre ellos se elaboran los planes con los que todos los países están tratando de salir del marasmo que atenaza al mundo.

Y fenómeno notable, los principios económicos y psicológicos sobre los que podría fundamentarse una fecunda organización estatal, son por todos conocidos y aceptados como ciertos; pero es tal la fuerza de la costumbre, que el razonar sobre ellos y encontrar alguna consecuencia que choca con la habitual creencia, se desprecia aquélla para acomodarse a ésta, sin servir de nada la anonadora experiencia de la persistencia del mal social.

En mi exposición no hallaréis, pues, ninguna premisa extraña, sino sólo el valor de defender las consecuencias racionales de principios y hechos por todos admitidos como ciertos.

06. Elucidaremos la idea apuntada, resaltando cómo las imprevistas reacciones del medio social han desviado la acción de las disposiciones de gobierno, obteniéndose resultados por completo distintos de los perseguidos, y para ello nada mejor que ilustrarla con algunos ejemplos.

061. En tiempos pasados, se estableció que la mano de obra femenina cobrase salarios menores que la masculina para trabajos similares, y consecuencia de ello fué la imprevista reacción del medio social, de desplazar a los hombres para colocar mujeres. Esta reacción debió preverse, pues es secuela demasiado inmediata para ser pasado por alto, y, sin embargo, no sólo no se previó, sino que la medida de diferenciar los salarios fué y todavía está muy extendida.

No hablemos, además, de que tal medida es una evidente injusticia, sino se fundamenta en diferencia de rendimiento.

062. Un notable ejemplo, de reacción imprevista, está en la demolición de edificios todavía útiles.

Parece lógico pensar que las destrucciones ocasionadas por la guerra al originar la escasez de viviendas, hubiesen aconsejado e impuesto la conservación a ultranza de los edificios remanentes, y, por el contrario, nunca hubo más demoliciones que en los años subsiguientes al conflicto bélico.

Esta paradoja es secuencia de las dificultades interpuestas por los gobiernos para la elevación de alquileres, en pugna con la imposición de la inflación, pues a los propietarios sólo les queda el cómodo recurso de derribar para edificar casas de renta superior. Pero la conveniencia de los particulares no es la misma que la de la sociedad.

063. En España tenemos una serie de Leyes, orientadas todas en un mismo sentido, la reducción de la crisis de la vivienda, y que no han conseguido su finalidad:

Ley de Ordenación de Solares del 15 de mayo de 1945.

Ley de 3 de octubre de 1947 obligando a ofrecer en arriendo los pisos vacantes.

Decreto de marzo de 1948 prohibiendo la venta por pisos de edificios acogidos a las de 25-6-36 y 25-11-44.

Cada una de las últimas pretende remediar y dar eficacia a alguno de los puntos a que se orientaba la de Ordenación de Solares ya citada, Ley que, por su magnífica orientación y por los altos fines perseguidos, merecía ser el máximo exponente de la moderna legislación mundial, cima que no alcanzó por, al parecer, nimios detalles de concepto.

07. Las disposiciones de los gobiernos influyen sobre la producción nacional de dos formas:

071. Variando la capacidad de producción por medio de la capacitación técnica y laboral, y también mediante la orientación y selección.

072. O modificando el rendimiento contado sobre la capacidad de producción antes mencionada de una de las tres formas siguientes:

0721. Por su acción sobre el ahorro.

0722. Por su influencia sobre la utilización de potencial humano.

0723. Por su efecto sobre la utilización de materiales.

En este estudio nos ocuparemos solamente de las posibilidades del Estado en orden a la modificación del rendimiento y lo clasificaremos en las tres partes correspondientes a las tres formas de influencia antes mencionadas.

08. La unión de productores, empresarios y obreros hacia el bien nacional, que en nuestro José Antonio fué un deseo patriótico, es una necesidad no alcanzable por persuasión ni imposición, según ha demostrado la práctica, pero fácilmente asequible teniendo en cuenta los principios psicológicos y económicos, según como más adelante veremos.

Lejos de suplicarla hemos de proponernos esa tendencia a la unidad y alcanza como un primer principio de racionalización del Estado, y alcanzarla por medio de una bien meditada legislación de orden económico, puesto que:

«Para conseguir el máximo rendimiento industrial y laboral en una Nación, precísase unir hacia un mismo fin todo su potencial económico, constituído por su capital ahorro, el potencial humano y los medios naturales.»

Así, pues, será precisa:

081. Atraer todo el ahorro nacional hacia la producción.

082. Conseguir el máximo rendimiento individual y colectivo de la capacidad humana de trabajo.

083. Alcanzar que las primeras materias sean empleadas por aquellos que las utilicen mejor o satisfagan una necesidad mayor, más apremiante o más reproductiva.

Principios que presiden cada una de las tres partes en que se divide nuestro estudio:

1. EL AHORRO, LA EMPRESA Y EL ESTADO

Según anteriormente dejamos sentado, son condiciones indispensables para conseguir el máximo rendimiento del conjunto nacional, procurar la constitución del ahorro máximo posible y atraer todo el ahorro hacia la producción.

11. Realmente no hay un máximo en el ahorro, sino que éste podrá crecer indefinidamente conforme la producción vaya aumentando, de manera que, entre otras variables, el ahorro es una función del propio rendimiento nacional, y así, pues, nos concretaremos a estudiar la forma de atraer hacia la empresa todo el ahorro existente.

12. El poder adquisitivo instantáneo de la totalidad del dinero es independiente de su cantidad y de su velocidad de cir-

culación, puesto que este poder adquisitivo es exactamente igual a la totalidad de las mercancías en un instante determinado.

Quiere decirse, pues, que el ahorro corresponde siempre a una mercadería puesta fuera de consumo, y por tanto indefectiblemente, dicho ahorro revierte hacia uno de estos dos fines: la producción o la especulación, siendo la proporción entre ambas corrientes dinerarias variable con las ventajas que cada uno de dichos dos fines aparenten ofrecer al capitalista.

Es importante hacer notar que la recíproca de esta regla psicológica es cierta sino en cuanto respecta al agio, siendo substituída por el siguiente postulado:

«El aumento de dinero afluente a la especulación aumenta los beneficios de los especuladores y atrae más dinero, pero, por el contrario, el aumento de dinero en la producción, es decir, el aumento de producción disminuye el beneficio del capitalista y, por tanto, repele al ahorro.»

El ahorro productivo, pues, sigue la ley natural de tender al equilibrio, en cambio se observará que el fenómeno del agio es totalmente antinatural por ser de aceleración no sólo positiva, sino siempre creciente. Tal es el origen del continuo descenso del valor de la moneda, que sólo puede ser cortado por intervenciones exteriores al sistema.

El postulado anterior, que me precio de haber definido, explica la razón de que los beneficios sean mayores para el patrono, en los tiempos de escasez, y también nos revela el *intríngulis* del agio.

121. Cualquier disposición del Gobierno, o incluso de los organismos oficiales u oficiosos, así como de cualquier otro «truts», modifica profunda y rápidamente la proporción existente entre las dos porciones en que se distribuye el ahorro, y siendo así que el dinero agiotista no reporta beneficios y sí sólo perjuicios económicos, lógicamente deberá orientarse la intervención oficial en el sentido de disminuir las posibilidades de especulación, hasta conseguir que todo el dinero y bienes ahorrados se empleen en aumentar la productividad nacional. De aquí el primer principio racional referente a la intervención estatal con respecto al ahorro:

«La organización económico-social del Estado deberá tender a facilitar la creación de empresas productoras y dificultar o impedir la especulación.»

Este principio es de sentido común y admitido universalmente; pero en lo que sigue, veremos cómo pretendiendo obrar en su consecuencia, continuamente es conculcado, para cuyo fin observaremos la influencia estatal sobre el ahorro, devenida de la intervención fiscal, burocrática y social:

13. Influencia que la intervención fiscal ejerce sobre el ahorro y la empresa.

Desde tiempo inmemorial, casi desde que existen, los impuestos crecen con los ingresos, de forma que un productor o un empresario pagarán más cuanto más produzcan, constituyendo una multa a la producción y a la actividad individuables, que, como es lógico, tiende a mermarlas.

Podemos señalar una forma impositiva más racional, que no sólo no se opondrá, sino que favorecerá el indefinido crecimiento de la producción y estimulará a la iniciativa privada:

«Lógicamente sucederá así con un impuesto fijo y proporcional, no a la real producción, sino a la capacidad total de producción.»

Así expuesta la idea tiene una apariencia fútil, injusta, difícil de aplicar y apenas trascendente. Procuraremos en lo que sigue modificar estas apreciaciones.

131. ¿QUIÉN PAGA LOS IMPUESTOS?

(Los párrafos que siguen pertenecen a un artículo que con el mismo título publiqué en la Revista *Nueva Economía Nacional*, con fechas 3 y 10 de junio de 1948.)

Todo el mundo está ya conforme en que el patrono no paga los impuestos, sino que los traslada a su mercancía o producto, endosándoselos al consumidor, circunstancia sólo posible por el hecho de que el precio de venta de dicha mercancia se fija únicamente por la competencia.

Hasta aquí estamos conformes, pero no hay razón alguna que nos impida continuar nuestro razonamiento, aplicándolo al consumidor, que como clase, sensiblemente, es propio trabajador, quien en igual forma que el patrono alquila o vende su esfuerzo, mental o físico, de acuerdo con la competencia, de forma no dependiente directamente de los impuestos, valorando su trabajo en un determinado nivel de vida, subordinado a la oferta y demanda de trabajadores de su especialidad y capacidad.

1131. Supongamos una reducida comunidad en la cual un individuo, representando al Estado, se dedica a administrar los intereses comunes, viviendo de la producción del resto de la comunidad.

Es bien patente que en esta sociedad normal el Estado no debe ser una carga para sus súbditos, puesto que la finalidad de éstos al reunirse en sociedad es precisamente obtener beneficios económicos de dicha unión, debiendo entenderse que, unidos y orientados los esfuerzos individuales por medio de la administración estatal, cada individuo de la comunidad obtiene más bienes que los que conseguiría con el mismo esfuerzo aplicado a la producción aisladamente.

(Justifico con algunos ejemplos, que si bien poderosos conglomerantes, la religión, la raza, la geografía y la historia, no son determinantes de la idea de nacionalidad, que sólo a causas económicas obedece.)

Despréndese de aquí, que la justificación del Estado estriba en la creación de un superávit de bienes no atribuibles a los componentes de la comunidad, y, en todo caso, suficiente, y aún sobrado, para cubrir las propias necesidades de dicho Estado, que de hecho no vive a costa de sus súbditos, aunque los bienes que consume forzosamente hayan debido pasar para su producción por las manos de alguno o algunos de dichos súbditos...

Por somero estudio de los puntos anteriores nos percatamos de que no basta con buena Administración Pública, sino que es preciso que el sistema económico seguido en la distribución no origine privilegios que anulen las ventajas de aquélla para muchos de sus súbditos y aún para la comunidad entera al mantener ociosos parte de los recursos humanos, restándolos al tráfago de la producción.

Es nuestro propósito demostrar en lo que sigue que en el sistema económico apodado Capitalismo, que, salvo el comunista, las actuales economías dirigidas sólo superficialmente modifican, existe una especie perturbadora de la distribución, que absorbe a cualquier beneficio que, eventualmente, pueda sobrevenir a la comunidad y que igualmente se lucraría con una

contingente disminución de los gastos del Estado por cualquier disminución de los impuestos, siendo, pues, éstos devenidos de esa especie o grupo.

Lo veremos bien claro volviendo a considerar la comunidad elemental mencionada antes, y en la cual, un individuo, por razones que no hacen al caso, ha conseguido una exclusiva sobre una cosa de imprescindible necesidad, insustituible y de fácil e indefinido almacenamiento, la que, por consiguiente, puede hurtarse al mercado a voluntad del poseedor.

Sólo en honor de la mejor claridad supongamos que un individuo llamado X consiga acaparar todo el aire del mundo, comprimiéndolo dentro de un recipiente, del que va extrayendo ciertas cantidades, alojándolas en apropiados receptáculos, con las que permite vivir al resto de la Humanidad a cambio de parte de los bienes que los demás individuos consigan obtener por medio de su trabajo.

Está claro que X podrá obtener cuanto desee a cambio de su aire, desposeyendo a los demás de todo aquello que no les sea imprescindible para su vida, hasta el límite de que, con exigirles un poco más, ya dejasen de considerar aceptable vivir su vida, ni aún teniendo en cuenta una esperanza de alivio. (He aquí la verdadera Ley de Bronce de los salarios.)

(NOTA PARA EL PRESENTE TRABAJO: Es muy importante hacer resaltar que X obtendrá tantos más beneficios de cada particular cuanto más restrinja la venta del aire, es decir, cuanto más cantidad de aire deje fuera del mercado.)

Cualquier mejora que pudiesen obtener los súbditos, incluso por reducción de los gastos del propio Estado, redundaría en beneficio exclusivo de X, y podemos afirmar, pues, que en el sistema económico, estatuído en la forma expresada, todos los gastos del Estado están subvenidos por el individuo X, usufructuario de la exclusiva mencionada.

Nos repugna admitir, y ningún Gobierno autorizaría conscientemente un monopolio de esta naturaleza, que supone la más abyecta esclavitud de todos los hombres a uno solo o unos cuantos, y ello porque el valor del aire no admite mensura con el esfuerzo humano como unidad. «Sólo en el poder conferido por el Estado residiría la facultad de apoderarse del aire atmosférico o de cualquier otro ente indispensable para nuestra vida».

Es de resaltar aquí que las grandes diferencias sociales no puedan provenir sino de la coacción: antiguamente por la fuerza bruta y modernamente por el poder del Estado.

En el ejemplo, el secuestro del aire y su distribución entre los humanos ha tomado un carácter personal para X, quien dotado más o menos de sentimientos humanitarios, ciertamente será influenciado por la compasión, e indefectiblemente pondrá un coto a su ambición, permitiendo a los demás un más amplio nivel de vida. Por ello, esta exclusiva no es tan repugnantemente inhumana como si diluída en el impersonalismo de una organización extensa, y con sus consecuencias emanase hasta el punto de que sus mismos usufructuarios no puedan apreciar el perjuicio al prójimo ocasionado y pudiese el grado de expoliación alcanzar hasta el ínfimo nivel de vida determinado por la verdadera «ley de bronce de los salarios» antes apuntada.

Tal brutalidad es la característica de la parcialidad que pesa sobre la economía mundial: impide su equilibrio, restringe la producción, dificulta la reconstrucción, favorece la especulación, origina el paro forzoso, ocasiona la falsamente llamada sobre producción y las crisis, enzarza reyertas, pleitos y crímenes, desune familias, suscita guerras, provoca el descontento social, las huelgas, desquicia, la distribución, engendra la miseria con sus secuelas de incultura y depauperación fisiológica, irroga injustos privilegios, crea intereses contrarios al bien social, entorpece y encarece la Administración Pública..., es en resumen causa inicial, directa o indirecta, manifiesta u oculta, pero cierta, decisiva y categórica de cuantos males económicos y sociales, casi todos los políticos y muchos morales y aún físicos afligen al mundo, y que, concretamente a efectos de nuestra argumentación, contraponiéndose al esfuerzo creador, al espíritu de empresa y a la inventiva humana, determina un parvo límite superior instantáneo para el nivel medio de vida, y en el juego económico de la oferta y la demanda absorbe implacablemente cuantas mejoras y beneficios son conseguidos por el afán de la comunidad y por el celo de los gobiernos.

1312. Dos particularidades únicamente se oponen a que la propiedad privada del terreno haya conducido al límite inferior de la vida determinado por la satisfacción de las más elementales necesidades animales, y son que dicha apropiación no es todavía un monopolio y que no se extiende a la totalidad del territorio, sino sólo a sus porciones más remuneradoras, porque el terreno en su aceptación de sitio, de lugar, es para la vida humana tan imperativamente necesario como el aire atmosférico, tanto como el alimento considerado en abstracto, y tiene sobre ellos particularidades privativas que hacen más perniciosa su apropiación, cuales son: su indestructibilidad, la carencia de gastos de almacenaje y su inamovilidad, por lo cual no hay quiebra alguna en el negocio agiotista de restar terrenos a la producción para fomentar su *plus valía*.

Basta considerar que el hombre que consiguiese apropiarse toda la tierra y mantener sus pretendidos derechos, se haría, «ipso facto», señor absoluto de vida, haciendas y honras, para comprender que no hay diferencia ética ni económica entre este privilegio y el de incautación del aire, que tanto nos ha repugnado.

Es un paliativo la gran cantidad de usufructuarios del privilegio que nos ocupa, pues al propio tiempo que fija un más alto nivel de vida, afecta también a la duración del período de transición entre el momento en que se realiza un descubrimiento científico, se inventa y pone en servicio una nueva máquina o se obtiene un beneficio de cualquier otra clase para la sociedad, y aquel otro momento en que la totalidad de los frutos de ellos derivados han sido engullidos por la *plus valía* de los terrenos.

Si, pues, todos los impuestos los paga la tierra, no hay razón alguna para la absurda complicación del sistema fiscal, que tanto encarece la Administración Pública, y resta posibilidades a la producción, que es la única que puede marcar la capacidad de consumo o nivel de vida total.

132. Siendo así, pues, que la propiedad privada de la tierra absorbe todos los beneficios de la producción, excepto un pequeño margen para el trabajo, y otra retribución, dependiente de la situación del mercado, para el capital, resulta suficientemente exacto para nuestro caso que el valor del terreno será sensiblemente proporcional a la capacidad de producción sobre dicho terreno, y, por lo tanto, un impuesto proporcional a dicho valor será en resumidas cuentas adecuado a nuestros fines, será

un arbitrio, que lejos de perjudicar a la producción por mermar la iniciativa particular la favorecerá, puesto que nadie pagará más por producir más o menos, y, por tanto, esa forma de carga representará una disminución del precio del producto al ir aumentando la cantidad producida.

1321. Tal es el impuesto único propugnado por el gran economista americano Henry George, y considerado sin más condición, tal como él lo propuso, sus efectos se limitan al beneficio expuesto.

Ahora bien, Henry George atribuye a este impuesto esenciales ventajas económicas, todas las cuales suponen como condición que dicho tributo sea suficientemente elevado para anular los beneficios que para el propietario del terreno pudiera suponer una eventual *plus valía* del mismo. Es decir:

«Es preciso que el impuesto sobre los terrenos sea de tal cuantía que el propietario se vea económicamente constreñido a explotar su terreno productivamente.»

Si analizamos el ejemplo del apartado 131, notaremos que la *plus valía* del aire atmosférico, y en nuestro caso de los terrenos, está en razón inversa con la mayor o menor cantidad del mismo que sus propietarios ponen en circulación al servicio de la humanidad. Cuanto menos aire reparta X, más caro podrá cobrar por él.

Así, pues, la *plus valía* de los terrenos se debe únicamente a la retracción de los mismos en el mercado, a su inutilización para la producción. Por lo tanto, encontrando un medio como el impuesto único, que logre interesar al propietario en ofrecer su terreno, se conseguirá automáticamente un enorme aumento de la producción por la utilización de todos los recursos naturales. (Henry George, e igualmente nosotros, llama terreno o tierra a cualquier recurso natural, por sinécdoque.)

1322. De los tres factores de la producción, cuales son: trabajo, capital y medios naturales (tierra o terreno por antonomasia), sólo éstos son libres de ofrecerse o retraerse en el mercado de la producción, puesto que el hombre tiene que cubrir sus necesidades, para lo que se ve obligado a producir y el capital industrial también está constreñido a ello, no sólo por conseguir un interés, sino también para hacer frente a su desgaste físico por efecto de los agentes naturales.

«La tierra, único factor de la producción que puede substraerse voluntariamente al mercado, sale económicamente favorecida de este hecho». La consecuente reacción de la tierra es permanecer inactiva en espera de la *plus valía*, golosina de los propietarios y origen del agio, ocasionando con ello un desequilibrio de la producción que obliga, inicialmente al capital y definitivamente al trabajo (fisiológicamente forzado), a ceder de sus derechos, hasta tanto «cuanto no le sea absolutamente indispensable para el sostenimiento de su vida física individual», cual es la verdadera Ley de Bronce de los Salarios (y no la definida por Turgot y Ricardo, evidentemente influenciados por agentes morales perturbadores de su apreciación), Ley que constituye un límite, modificado por ciertas circunstancias de que trataremos más adelante, que no impiden que la enunciada sea la tendencia general del mercado de la producción.

Esta es la única causa del pauperismo de los trabajadores de todas clases (escalafonado en grados según hayan o no conseguido exclusivas y concesiones en su trabajo por efecto de una especialización, una preparación o un título protegido).

El impuesto único es un agente económico que consigue interesar a la tierra en la producción (puesto que estando parada paga igual que si produce) y, por lo tanto, coloca a todos los hombres en las mejores condiciones económicas permitidas por la Naturaleza, condiciones que ciertamente son enormemente superiores a cuanto la imaginación más desbordada pudiese soñar.

Quien lea *Progreso y Miseria* quedará plenamente convencido de la verdad propugnada por George, solamente con tener presente la observación apuntada en el apartado 1321 que su autor acepta tácitamente.

133. Independientemente de la convivencia del impuesto único como medio de regularizar la economía de los países, en el número 131 hemos demostrado que la propiedad privada de la tierra es antinatural, y fácilmente quedará demostrado que es también anticristiana considerando que ya en el *Génesis* se explica cómo «Dios concede la tierra a todos los hombres por igual para ganar el pan con el sudor de su frente, aplicando sobre ella su trabajo».

Y de allí, de modo irrefutable, se establece que el hombre es propietario del producto de su propio esfuerzo, y nadie, ni el Estado tiene derecho alguno a privarle del mismo (los impuestos variables con la producción real son, pues, anticristiano), y, en cambio, ningún particular tiene derecho a apropiarse, sino para su explotación en bien de todos, ni de la menor porciúncula de terreno o de primeras materias, que son propiedad de todos, es decir, de la Nación, y por lo tanto la base lógica para el sostenimiento del Estado.

Por tanto, el Estado debe vivir del alquiler del terreno sacado siempre a pública subasta al mejor postor.

Sin embargo, el impuesto único puede admitirse como medio de transición, a fin de evitar la drástica medida de la expropiación forzosa.

134. La forma de recaudar los nuevos impuestos será sencilla por demás. Bastará para ello con las secciones de hacienda de los Ayuntamientos, en donde será llevada una estadística y un fichero numerado según la parcelación del término municipal, valorando cada parcela de acuerdo con las declaraciones de sus respectivos propietarios, que serán válidas a efectos del impuesto, pero también a resultas de apropiación forzosa siempre que por la parcela se ofrezca al propietario un plus de, por ejemplo, un 20 % sobre el valor declarado.

Este plus, así como la escala de valores o precios de los terrenos, son por completo indiferentes, ya que siendo el único impuesto (salvo el indeclinable cobro de los servicios estatales de utilización restringida) que ha de sufragar los gastos del Estado, determinados éstos, el monto total a recaudar será también una cantidad determinada, y, por lo tanto, será tanto mayor el porcentaje del impuesto cuanto menor sea el valor declarado para los terrenos, sin más inconveniente. Conviene hacer notar a este respecto que basta con que el impuesto sea sensiblemente proporcional al valor real del terreno, y que sea suficientemente elevado para que no sea negocio dejar el terreno improductivo en espera de su *plus valía*.

Igualmente carece de importancia que los valores declarados sean la mitad o un décimo del valor real del terreno, siempre que dichos valores guarden entre sí la debida proporción (que queda automáticamente marcada por el tanto por ciento de prima que se establezca para la expropiación forzosa), que según ello tanto puede ser el 10 % como el 1.500 %, siempre que sea

el mismo para todo el país, y prácticamente invariable en el tiempo, para contrarrestar cualquier idea de especulación basada en una posible variación.

De esta forma queda establecida, por una parte, la escala de precios reales de los terrenos, que son aquéllos por los cuales están sus propietarios dispuestos a enajenarlos, y, por otra parte, otra escala proporcional a la primera que es registrada en los Municipios bajo las simples declaraciones de los propietarios.

Los terrenos propiedad del Municipio, de la Diputación o del Estado, serán periódicamente sacados a pública subasta de alquiler, siendo condición indispensable que el presunto inquilino no tenga que aportar garantía ni anticipo de ninguna clase, a fin de que todos puedan concursar con iguales posibilidades, y con ello obtener el máximo rédito.

Por igual motivo, y a fin de situar a todos los súbditos en igual plano, evitando las situaciones de privilegio, dichos réditos serán pagados al vencimiento de plazo lo más largos posible.

Estas condiciones son de aplicación especial a las explotaciones de tipo agrícola y, en general, a todas aquéllas para las que se precisa poco capital, ya que se comprende que en los terrenos que hayan de dedicarse a edificación poca importancia tiene el plazo del pago del alquiler, gasto inapreciable frente a los de la edificación.

135. SISTEMA DE LA INFLACIÓN PERMANENTE

Con este método se sufragan los gastos del Estado de forma más sencilla si cabe que con el método del impuesto único de George, pero adolece de cierto inconveniente que lo invalida.

La idea es que el Estado vaya creando papel moneda según lo vayan determinando sus necesidades de dinero.

El procedimiento en sí no es injusto, puesto que el dinero añadido a la circulación corresponde aquí aumento de bienes reales y de servicios prestados a la Nación.

Como en el sistema del impuesto único, el método de la inflación permanente evita una gran cantidad de gastos del Estado por la supresión de grandes contingentes de empleados, que con ellos son innecesarios.

La aplicación de este sistema a una política económica es enérgicamente defendida por el brioso escritor don Isaías Táboas, que, muy en breve, es de esperar lo completará con la siguiente idea:

1351. Es de rigor que el aumento de circulación fiduciaria ocasionará un paralelo descenso del valor adquisitivo de la moneda, de manera que, si en el período inicial A), la unidad que para simplificar llamaremos peseta, vale *a*, en un período posterior B), solamente valdrá una parte alícuota de *a*.

Ahora bien, supongamos que en un tiempo cualquiera entre A) y B) comienza a simultanearse oficialmente la unidad peseta con la unidad duro = 5 pesetas. A partir del momento B) se substituye la unidad peseta por la unidad duro, con el equivalente a cinco unidades anteriores (pesetas), emitiéndose una nueva serie de monedas en que no figura ya para nada la primitiva denominación.

La nueva unidad monetaria, el duro, tendrá un valor menor que cinco veces *a*, pero que puede ser a voluntad menor, igual o superior a *a*, bastando para ello elegir convenientemente el instante B).

Puede, por tanto, revalorizarse la moneda, con sólo un simple cambio de nombre, y es más, como quiera que no hay limitación alguna respecto al número de veces que podemos realizar dicho cambio, nadie nos podrá impedir que, después de un largo período y una cierta cantidad de nombres, volvamos a la primitiva denominación pesetas para la unidad de moneda, incluso, si lo deseamos, con el mismo valor inicial, *a*.

La nueva pesetas es, a todos los efectos, igual a la antigua, lo que demuestra bien a las claras la intrascendencia de la cotización de la moneda.

Si suponemos que se ha cambiado cuatro veces de unidad monetaria, con una relación constante de cada una a la anterior igual a cinco, la nueva peseta ha tenido que ser adquirida por los particulares a cambio de 54 pesetas primitivas, es decir, que por cada peseta actual en circulación los contribuyentes han dado al Estado para sus gastos 625 — 1 = 624 pesetas primitivas. Este dinero se ha desembolsado proporcionalmente a la cantidad que cada uno ha ido detentando y al tiempo durante el cual la ha disfrutado en cada período inflatorio.

1352. La simplicidad con que se sufragan los gastos del Estado, eliminando todo el tinglado de Hacienda, hace muy atractivo este sistema, que, desde luego, se ha seguido como complementario en numerosas ocasiones, singularmente en tiempo de guerra.

Analizamos sus efectos en relación con el ahorro, y hagamos notar que la esperanza de una baja del precio del dinero ocasiona por sí sola una depreciación por bajo del valor actual que le correspondería, y, por lo tanto, una paralela retracción de mercancías, que sólo se venden a precios un poco superiores a aquéllos que a la circulación fiduciaria corresponden. Se prefieren la mercancía al dinero, y esta preferencia es tanto mayor, cuanto la mercancía es más estable y duradera, físicamente, pues es con esta clase con la que puede esperarse más tiempo su aumento de precio.

La inflación es, pues, poderoso incentivo para aumentar la demanda y disminuir la oferta. Por tanto, una inflación acarreará siempre un aumento de producción, engolosinada por los sobreprecios.

Pero desgraciadamente, como hemos visto, la producción será atraída sólo por las cosas estables, y cuanto más estables, mejor serán aceptadas en el comercio, llegando a que lo que alcanzará la más elevada *plus valía* serán los terrenos.

La inflación es, pues, muy perjudicial, por favorecer en grado superlativo la especulación.

Podría argumentarse, como en efecto se hace, que el aumento de precio de las mercancías corresponde únicamente a la disminución del valor de la moneda por su aumento de circulación, pero, como hemos visto, se produce una reacción psicológica que artificialmente disminuye la oferta por bajo de su nivel natural, con la paralela aparición de la *plus valía*.

14. INFLUENCIA DE LA INTERVENCIÓN BUROCRÁTICA

Al examinar los efectos de los servicios del Estado sobre el empleo del ahorro del dinero, tengamos presente que, aquéllos que no son beneficiosos por sí mismos, son siempre perjudiciales, entre otras, por las siguientes razones:

a) Por precisar personal, que podría ser aprovechado en labores productivas.

b) Por frenar y distraer la iniciativa particular.

c) Porque a su amparo se crean profesiones completamente inútiles.

d) Porque de su cúmulo, nace el desconocimiento del empresario, que navega por él casi a ojos cerrados.

e) Porque de ello se desprende una despreocupación por cumplir la Ley, inicio del deseo de conculcarla, y se precisa la vigilancia e inspección, con la creación de los cuerpos correspondientes. De ello se sigue el artificial delito del incumplimiento, las multas, etc., etc.

f) Porque los empleados, los vigilantes e inspectores, colocados en situación de privilegio, pueden llegar a prevaricar.

141. Es muy interesante anotar que con el sistema del impuesto único, es decir, con una sencillez suma, con sólo racionalizar uno de los aspectos de la organización burocrática, se puede suprimir una de las partidas que pesan sobre el presupuesto nacional, cual es el Ministerio de Hacienda completo, puesto que realmente sólo quedarían Negociados agrupables en una simple Subsecretaría o una Dirección General. De igual forma se puede conseguir realizar las funciones necesarias y las convenientes, reduciendo las plantillas.

Es creencia muy extendida la de que la supresión de empleos va a aumentar el paro forzoso. Cuestión es ésta que contestaremos en el apartado 16 de este mismo trabajo, demostrando cómo puede fácilmente eliminarse este peligro.

Suprimido el miedo al paro forzoso, es claro que cuanto menos personal sea empleado en trabajos del Estado, tanto más barato será éste; lo cual no pretende la supresión de todos los empleados, sino solamente de los innecesarios.

La economía en el Estado repercutirá en la reducción de cargas, por una parte, o en el aumento de obras y empresas convenientes, que ahora no pueden emprenderse.

Por otra parte, ese contingente de trabajadores que desemplearía el Estado iría a engrosar las filas de los verdaderos productores, abaratándose con ello la vida de todos, o aumentando su nivel, por el aumento de producción.

142. Será aleccionador leer una de las editoriales del número de julio de 1947 de la Revista *Ferrocarriles y Tranvía*, que lleva por título «Complicaciones de la vida actual», en la que el autor da a conocer una estadística que tuvo la curiosidad de realizar de la distribución de las horas de trabajo de un jefe de empresa.

Según él, solamente un 10 ó 15 % del tiempo es empleado en la organización de la producción, siendo el resto dedicado a actividades diversas, en su mayor parte debidas a requisiciones estatales u oficiales.

Aun concediendo que pueda ser exagerado el cálculo referido, es muy cierto que son tantos los trámites e impedimentos oficiales que es preciso vencer para emplear un capital en forma productiva para la Nación, que sólo la posibilidad de una ganancia extraordinaria puede atraer el ahorro hacia la producción.

Y, ciertamente, cuanto mayores son las intervenciones y las complicaciones que el Estado opone a la producción, mayores son los beneficios que, por contra, tienen que obtener los patronos, puesto que, desanimados muchos posibles empresarios, disminuye la oferta frente a la misma demanda.

Afortunadamente, tiene el hombre tan arraigado el deseo de producir algo útil, de ganar el pan con el sudor de su frente, no obstante cuanto pudiera creerse, es tan fuerte el ansia de crear bienes (en hombre normal casi tan grande como la apetencia de dinero), que en cierto modo mantiene la afluencia del ahorro hacia la producción, conservando en cierto nivel de vida mundial, a pesar de que la intervención oficial, dejando libre la especulación, determina un trato de favor tan grande hacia ella, que puede decirse que el dinero dedicado al agio no tiene traba ninguna.

¿Qué sería si el Estado ayudase en lugar de entorpecer?

143. Otras veces, en que la intervención es conveniente, y hasta necesaria, se multiplican inútilmente los trámites exigidos.

Un ejemplo bien claro lo tenemos en la apertura de industrias, que, por pequeñas que sean, precisan de solicitud en la Delegación de Industria, ídem en el Ayuntamiento, expediente en los Sindicatos, alta en Hacienda, alta de la industria en el Sindicato, ídem de los operarios y empleados, inscripción en los Seguros Sociales, inspecciones de Ingeniería y de Sanidad... y tanto más, y todo quizá para una industria con un c. v. instalado y un par de operarios colocados en ella.

144. Y, sin embargo, no seremos nosotros quienes por sistema neguemos al Estado su misión en la producción, sino que sostenemos que tiene una misión muy alta que cumplir en su ordenación con miras a encaminar todos los esfuerzos hacia el fin propuesto, y en verdad no está desatendida por completo esta finalidad, sirviéndonos de gran satisfacción señalar el importante impulso que a esta obra está dando el Gobierno de España, por medio de los Institutos y Patronatos, cuya labor es cada día más fecunda.

A mi entender, la tónica de la intervención del Estado en la vida privada y, singularmente en la producción, está señalada:

a) Por la substitución de la obligatoriedad por el interés como móvil para satisfacer la intervención y vigilancia.

b) Los empleados del Estado deben considerarse como servidores del público, así como toda organización estatal debe ser un servicio nacional, al contrario de como en la actualidad aparentan.

c) Una vez que se despeje el camino al interés individual para orientarse en el sentido del interés nacional, cual es la producción, bastará una extensa organización de instrucción y orientación profesionales, industriales y mercantiles, que pueden tener como base los actuales Sindicatos, para que por propio interés todos los súbditos sigan el camino mejor, con el consiguiente e importantísimo aumento de rendimiento de la Nación.

d) Muchos aspectos de la racionalización, sin embargo, no se podrán conseguir por sólo el convencimiento. Debido a ello, siempre estarán justificadas ciertas imposiciones, con frecuencia emanadas de los servicios de: Sanidad, Educación Nacional, Economía y Justicia, sin olvidar que la defensa nacional y el orden interior requieren medidas de prevención.

No es nuestro propósito analizar una por una las disposiciones que piden ser substituídas y suprimidas, que ello es labor de mucho tiempo y de mejores juicios que el mío. Quede, pues, solamente sentada la precisión de racionalizar la tramitación oficial, atendiendo a los principios expuestos, consiguiendo la mejora de los rendimientos individuales y colectivos por medio de la utilización del impulso proporcionado por el interés individual, orientado por los organismos oficiales y oficiosos gracias a una adecuada labor de estadística, previsión y propaganda.

15. INFLUENCIA DE LA LEGISLACIÓN SOCIAL Y LABORAL SOBRE EL AHORRO Y LA EMPRESA

Las grandes diferencias existentes entre las distintas clases sociales determinan que la más numerosa, precisamente la de los trabajadores de todas clases, esté retribuída con tan escasos medios que cualquier crisis económica la conduce hasta el límite de la penuria.

Al finalizar la guerra europea se encontraron los Gobiernos del mundo con una enorme crisis de desastrosos efectos sobre el trabajo, quedando durante ella descolocados millones de trabajadores.

Previendo otra crisis igual, al fin de la guerra mundial, han tomado dichos Gobiernos serias determinaciones de orden social, en general por desgracia, producto de mejor voluntad que acierto, ya que dificultando la creación de empresas y la ampliación de las existentes, merman el número de colocaciones, y son, por tanto, en definitiva, perjudiciales para aquellos mismos trabajadores que pretenden proteger.

Tenemos, por ejemplo, la disposición que dificulta el despido de operarios, o aquella otra que interdice la reducción de plantillas. En su consecuencia, cualquier posible empresario, o cualquier otro que pudiera circunstancialmente elevar el número de sus operarios, desistirá de estas mejoras, salvo el caso de tener plena seguridad de la continuidad indefinida de la colocación de su producción.

Debido a ello, quedan en proyecto muchas posibles empresas y ampliaciones, disminuye la producción y, por tanto, el monto de la totalidad de los salarios, medidos en bienes económicos, o lo que es lo mismo: aumenta el costo de la vida y disminuye el rendimiento nacional.

Si bien las analizamos, las crisis producidas por cataclismos son todas de «sobredemanda», ya que por las destrucciones ocasionadas la solicitud es superior a la producción normal. Siendo así, sería lógico que la consecuencia de ellas fuese un aumento de colocaciones, un aumento de demanda de brazos y de trabajadores de todas clases.

Dejada la naturaleza libremente seguir su curso, no habría paro obrero después de las guerras, sino todo lo contrario, falta de trabajadores, lo que nos demuestra que la intervención humana está mal orientada.

Las destrucciones ocasionadas por una guerra dan origen a una sobredemanda de bienes, singularmente de viviendas. Esta sobredemanda da origen primeramente a una elevación de precios de toda clase de bienes, pero también especialmente se elevan los precios de las viviendas.

El aumento de precios es un señuelo para atraer capitales que pueden lucrarse con grandes beneficios, y que acudirán allí donde éstos sean mayores. Aumenta, pues, de forma extraordinaria la tendencia a la construcción. Ésta aumenta el valor de los terrenos, y, en definitiva, el capital acude en proporción disparatada hacia la especulación de terrenos, disminuyendo en la misma proporción aquél que podría ir a engrosar la producción, como la ley natural requiere para suplir los destrozos ocasionados por la guerra, y que, en definitiva, sería el que solucionaría la crisis.

Vemos, pues, que no con leyes sociales, sino con una ley económica (el impuesto único propugnado por Henry George) se solucionarían en la manera mejor y más rápida todos los problemas sociales de la postguerra.

151. No podemos dejar pasar por alto, porque ello da pie a otro aleccionador comentario, la citada obligación de mantener las plantillas del personal, a pesar de la disminución del trabajo.

Conozco algún caso, especialmente en grandes empresas, y muy singularmente en aquéllas cuyas primeras materias son de importación, ejemplos las fábricas de tejidos e hilados, en que parte de su personal se encuentra en paro desde algunos años, y este paro lo es tanto como si dicho personal se encontrase en la calle y sin jornal.

A falta de otra mejor, esta medida está plenamente justificada por humanidad; sin embargo, bien mirado, solamente se diferencia del paro forzoso en que el papel de distribuir del subsidio de paro se ha trasladado desde el Estado a la empresa particular, puesto que a nadie se ocultará que estos jornales no ganados, espléndido subsidio de paro, salen, en definitiva, de la producción de la gente que trabaja, mermando su capacidad adquisitiva.

Ciertamente pudiera parecer, al observador superficial, que es el empresario quien paga los jornales, y en ciertos casos particulares ocurre así, cuando dicho empresario no tiene defensa por otra parte, pero siempre, y en todo caso, es un bien económico lo que cada hombre consume al vivir, y como el parado nada produce, lo que consume es producto del esfuerzo de los demás, constituyendo así una evidente injusticia, además de un pecado contra la economía nacional.

A largo plazo no hay posibilidad de consumir más de lo que se produce. La capacidad de producción es, pues, lo que determina el nivel de vida posible, y la producción real, constituye un límite superior para el nivel de vida real.

Ello quiere decir que sólo con medidas encaminadas a mejorar los índices de producción puede mejorarse la vida del conjunto, y que, para una misma producción, toda mejora de un sector es siempre a costa de los demás sectores correspondientes a la misma clase de factor económico que el primero, es decir, toda mejora, por ejemplo, de los obreros panaderos es siempre en perjuicio de los restantes sectores de trabajadores, e igual podría decirse de las mejoras en cualquier campo. Así, la protección de una cierta fabricación atrae hacia ella al capital productor, y, por tanto, disminuye la fabricación de otros productos.

Ahora bien, como, sensiblemente, los trabajadores coinciden en número con los consumidores, toda mejora en un sector de trabajadores supone un perjuicio para el resto de los consumidores, o sea, para el resto de la humanidad.

Tengamos presente estas conclusiones para más adelante.

Hemos de considerar, además, que la aseveración que criticamos no prejuzga la eficacia de las medidas sociales que pretenden mejorar la clase trabajadora a costa de la patronal, sino que, por el contrario, es otra demostración más que añadir a mi tesis de que para mejorar la clase obrera no hay otro camino a seguir que proteger, en principio, la colocación de capitales productores, es decir, por paradoja, para mejorar los jornales, es preciso proteger a los patronos evitando toda medida que alejando al capital hacia la especulación, disminuya el número, y, por tanto, la calidad de las colocaciones.

16. RESUMEN

Para el logro del aumento de producción, y sólo bajo el punto de vista de la influencia que sobre el capital tienen las medidas estatales, es preciso que éstas atiendan a facilitar y dejar libre de obstáculos el camino del ahorro para llegar a la producción, obstaculizando el que le conduce a la especulación.

1.º Por medio de un impuesto sobre los terrenos, según su valor, que impida que dichos terrenos puedan, económicamente, quedar improductivos.

2.º Revisando toda la legislación actual, acoplándola a un plan modificador.

La afluencia de dinero hacia la producción sería tan importante, que el consiguiente aumento de colocaciones llegaría a absorber cuanto esfuerzo humano se ofreciese, y alcanzaríase así el máximo rendimiento.

Esta situación colocaría a los trabajadores en las mejores condiciones con respecto a su nivel de vida, cuya es la verdadera solución del problema social (lo que solamente citamos en justificación de nuestro aserto en pro del rendimiento).

Más adelante saldremos al paso de las dudas que a muchos habrán cabido respecto a la escasez de materiales que, al parecer, prohibirían este aumento de producción.

2. INFLUENCIA DE LA INTERVENCIÓN ESTATAL SOBRE EL RENDIMIENTO DEL FACTOR HUMANO

Para poder distribuir mucho, es preciso producir mucho, siendo la producción el único recurso de que dispone la humanidad para satisfacer sus propias necesidades. Si no se modifica la proporción entre la oferta y la demanda de trabajadores, nunca podrá ampliarse el nivel de vida de éstos, si no es por un aumento de producción; nunca será factible hacerlo con una simple disposición de gobierno que fije una elevación de salarios, hecho que dejó bien sentado S. E. el Caudillo en un discurso de un primero de octubre, allá por los años 1941 al 1943, y siento no poder precisar la fecha.

El predicamento tiene raíces tan profundas, que sólo pueden ser arrancadas mediante un serio estudio económico-social, y como quiera que este estudio ha sido ya realizado en el capítulo 1, nos ocuparemos ahora solamente de la consecución del máximo rendimiento laboral por medio de la intervención del Estado, intervención que tiene dos aspectos: la capacitación técnica que tantísimo está impulsando el Gobierno español, y la intervención social, que tiene muchísima importancia, por sus efectos sobre la economía y que a continuación tratamos extensamente.

21. Desde Taylor está bien demostrado que para conseguir este máximo rendimiento de los trabajadores es condición necesaria, aunque no suficiente, interesarles en su trabajo. Pues bien, las modernas legislaciones sociales, so pretexto y con el fin plausible de proteger a los trabajadores, están minando su interés, tanto en el orden material como en el moral.

211. Merman el estímulo por progresar al establecer jornales mínimos y escalas de salarios, tras los cuales se escudan los patronos, que en muy raras ocasiones conceden jornales superiores al máximo establecido, y estos casos especiales son siempre debidos a la escasez de mano de obra especializada, escasez que es consecuencia del poco estímulo de los aprendices y obreros.

Si ello es cierto para los obreros, lo es mucho más en lo que respecta a los empleados, siempre sujetos a la rigidez de cada grado, procurándoseles, además, una definición de sus actividades que en lo posible se adapte a la escala inmediata inferior.

212. Con miras a evitar abusos por parte de los patronos, algunos países exigen la declaración de escalas de primas y destajos, dificultando así la labor del técnico en pro del abaratamiento de la vida.

Un sistema muy extendido en el mundo es del de primas sobre un jornal base, con cuyo sistema nunca pueden existir abusos patronables, ya que al operario es dable circunscribirse a ganar su jornal base. No hay, pues, justificante moral alguno para que este sistema quede también intervenido por el Estado.

En otros casos, la clase que componemos los Ingenieros estamos técnica y socialmente capacitados para resolver con verdadera justicia. Para ello bastaría una corporación nacional, como sería el Colegio, y unas rigurosas ordenanzas que independizasen al Ingeniero de la opinión del patrono, al quedar todos los compañeros sujetos a las mismas.

El Ingeniero es el único que, pudiendo presentar una Corporación suficientemente potente para concederle independencia individual, tiene, además, las ventajas de la garantía de su título nacional, y el conocimiento personal, pleno y directo, de las circunstancias que rodean a cada caso de litigio.

Añádase que por su aplicación activa es quien está situado entre patronos y obreros, participa de las inquietudes de ambas clases y conoce tanto su idiosincrasia general como particular, constituyendo, junto con los Técnicos Industriales en lo que afecta a la industria, los Arquitectos y Aparejadores en la construcción, Ingenieros y Ayudantes en cada especialidad, el más adecuado personal de que los Gobiernos disponen para mediar en los conflictos obreros.

213. La sugestión comunista obliga al mundo a ir substituyendo el pago del trabajo según los méritos contraídos en él, por el otro sistema de pago: según las necesidades de cada uno, y aun cuando poco se ha avanzado por este camino, es muy cierto que hasta ese poco tiende a disminuir el espíritu de responsabilidad individual para con su propia familia, tiende a reemplazar la idea de nuestra propia obligación personal e intransferible de «ganar el pan con el sudor de nuestra frente» por la concepción de cargar al Estado con la obligación de suministrar ese pan o parte de él, equivaliendo a trasladar esta obligación a los hombros de nuestros semejantes.

Nuestros sentimientos humanitarios exigen atender las efectivas necesidades del pobre, pero sobre no ser éste el camino, ya que se marcó en los capítulos anteriores, hemos de recordar que la mejor doctrina social que existe, la predicada por Cristo, encomienda dicha atención a la Caridad, y a nadie otorga más derecho que el de ganarse la vida con su propio esfuerzo.

Es más, aun suponiendo que el Estado se encargue de este menester, y nada más lógico que ello, es absolutamente preciso desligar toda relación que el subsidio familiar pueda tener con el trabajo, hasta hacer desaparecer la menor traza de ella, resaltando bien la diferencia entre el jornal, ganado por el tra-

bajo propio, y el subsidio, caridad de la colectividad para con el necesitado.

No es preciso resaltar los efectos que sobre el rendimiento laboral supone el abandono de la idea cristiana de la propia responsabilidad en la satisfacción de las necesidades familiares, por la citada idea comunistoide que el mundo está adoptando de que los demás satisfagan parte de nuestras necesidades. Con ello desaparece o va amortiguándose uno de los principales estímulos para el trabajo.

Cualquiera de los que leáis, y que hayáis prestado servicios en la industria, os habréis percatado de la trascendental importancia del efecto mencionado, sobre todo si habéis oído comentar algunos casos entre los propios operarios. Los síntomas son tan graves, que es hora de hacer alto y dar marcha atrás.

214. Como hemos indicado, y quedará demostrado en el punto siguiente, el establecimiento de una escala de salarios y jornales mínimos es una medida incapaz de proporcionar al trabajador unas condiciones de vida adecuadas.

215. En el apartado 21, que termina con este párrafo, hemos demostrado la improcedencia de las medidas sociales emprendidas; en el 22, que sigue, analizaremos sucintamente la variación de los jornales y su ley, recordando como secuela la sencillísima forma de solucionar los problemas sociales, cuya es la pretensión de las antedichas leyes sociales.

22. La única solución de los problemas sociales, y que más cristianamente definiremos nosotros como nivelación de las diferencias entre pobres y ricos, y no por depauperación de éstos, como pretende el comunismo, sino por mejora económica de los primeros, se conseguirá recordando que el monto real de los jornales en relación con el costo de la vida depende de la situación de oferta y demanda de trabajadores en el mercado de la producción.

Estudiemos un ejemplo que nos aclarará suficientemente la cuestión:

Un doctor en Medicina salva la vida de un paciente de pneumonía, en 7 visitas, cobrando por ello 350 pesetas.

Un doctor en Cirugía estirpa un apéndice, salvando la vida de su paciente, en 8 visitas y una intervención quirúrgica, cobrando por ello 10.000 pesetas.

En ambos casos es el mismo el servicio realizado para con los pacientes o clientes, en ambos casos es la misma la responsabilidad y el riesgo del doctor, o sea, del trabajador; quizá en el segundo caso sea mayor el trabajo, mas no hasta el punto de justificar una diferencia muy importante. Si considerásemos que en el segundo caso hubiera más gastos que en el primero, estos gastos se suelen cobrar aparte en las operaciones.

Nada hay que justifique la diferencia de precios más que la escasez de buenos operadores, frente a la relativa abundancia de buenos médicos, es decir: la ley de oferta y demanda está presente también en la prestación del trabajo personal, y es la que fija los distintos precios de este trabajo en sus diversas especialidades y categorías.

Supongamos, por el contrario, una profesión con tarifas fijas, por ejemplo, la de abogado: Cuando las tarifas son muy elevadas, el número de pleitos se reduce, puesto que algunos desisten, al considerar los gastos que se ocasionarían.

Por otra parte, los abogados más famosos, aquéllos que se han destacado por cualquier circunstancia, son precisamente los que más casos atraen, y, por lo tanto, los que más ganan, a pesar de suponer las mismas tarifas.

La ley de oferta y demanda ha sido, en definitiva, la que ha determinado una escala de ganancias, dando las ganancias mayores a los más escasos, es decir, a los sobresalientes.

En otra profesión, la de los torneros del arte del hierro, durante un período bastante largo, al final de nuestro Movimiento Nacional, y posterior a él, fueron tan solicitados por la abundancia de trabajos de torno a realizar, que llegaron a escasear, ganando entonces buenos jornales, muy superiores a los de otras especialidades, y podían vivir muchísimo mejor que en otras épocas, y también mejor que los demás operarios.

En este caso, la ley de oferta y demanda ha permitido una elevación del nivel de vida de unos trabajadores, solamente porque «eran demandados, en vez de ser ellos quienes tenían que buscar colocación».

Consigamos esto mismo para todos, y alcanzaremos la solución de los problemas sociales. En otras palabras:

Para solucionar los problemas sociales es preciso aumentar las colocaciones, o sea, atraer al capital hacia la producción e impedir su llegada a la especulación, consecuencia que, como no podía dejar de ser, ya que vamos rezonando libres de prejuicios, es la misma que venimos obteniendo en todos nuestros capítulos.

No resisto a expresar esta idea en la forma aparentemente paradójica siguiente:

«Para mejorar la situación de los trabajadores, es preciso facilitar la labor de los patronos.»

Y así hemos establecido científicamente la idea de unidad de afanes entre los productores, la idea de unidad nacional expresada por nuestro José Antonio.

221. Y antes de terminar, es preciso que analicemos las reacciones de la ley oferta y demanda en un mercado laboral intervenido.

Es sumamente sencillo percatarse de la reacción de la ley natural en el conjunto; incluso los mismos trabajadores se han dado cuenta de que toda elevación de jornales acarrea una paralela elevación del coste de la vida, de forma que la mejora es solamente en el papel.

Ello, sin embargo, no es cierto, porque tan pronto como hay una elevación de jornales, el ahorro acude a la especulación en previsión de las ganancias que produce la elevación de precios, y con ello da origen a una *plus valía* que encarece la vida por encima de lo que al descenso del valor de la moneda correspondería.

Una elevación de jornales general o muy extensa es siempre perjudicial para los consumidores, que es igual que decir para los propios productores.

Cuando la elevación es de un solo sector particular, debida a la reglamentación de dicho sector, entonces la especulación, y con ella la *plus valía,* alcanzan primeramente productos procedentes de dicho sector. En este caso, como antes, el perjuicio se extiende a todos los consumidores, es decir, siendo este perjuicio repartido en una extensión superior a la que alcanza el beneficio de la elevación de jornales, se comprende que el sector

considerado habrá obtenido una mejora real, a costa de los demás productores.

Las consecuencias deducidas no son exclusivamente aplicables a las mejoras impuestas por los gobiernos, sino que también a cualquiera de las conseguidas por acción de los sindicatos o la directa emprendida por las masas. Cualquier beneficio conseguido por unos es siempre a costa de los demás, agravándose siempre por la sustracción de bienes al común, realizada por la especulación.

Así, pues, es ridículo ver cómo los obreros de un ramo apoyan las llamadas reivindicaciones de otros, siendo así que no sólo las han de pagar ellos mismos, sino que además, en cada variación, todos pagaremos un canon suplementario a los agiotistas.

Sólo podrá conseguirse la máxima producción, y con ella y una buena distribución, la vida más fácil, cuando todas las mejoras sean atribuíbles al mejor rendimiento individual, siendo, además, injusto cualquier otro sistema, por cargar a unos, a los más inteligentes y activos, con el trabajo necesario para cubrir parte de las necesidades de los más necios y vagos.

Pongamos ahora un ejemplo para ver a quién favorecen, en definitiva, las huelgas, y preguntémonos: ¿Quién se beneficia con la huelga de los mineros franceses?

La respuesta es muy sencilla: Los almacenistas de carbón, que podrán vender éste a precios más elevados, aunque el Gobierno intente intervenir los precios, puesto que entonces el carbón irá a parar al mercado negro. El beneficio, pues, ha ido a engrosar el bolsillo del agiotista.

222. Las actividades sindicales son muy necesarias en muchos aspectos; Educación, orientación y selección profesionales, la capacitación y entrenamiento, la higiene mental y física, la obtención de estímulos para el cumplimiento de las obligaciones, tanto laborales como ciudadanas, y muy especialmente la vigilancia del cumplimiento de los contratos individuales, con la oportuna intervención cerca del poder judicial ordinario, que debe ser encargado de intervenir en igual forma que para los demás contratos no laborales.

Respecto a la intervención sindical en la clase patronal se orientará principalmente la vigilancia del cumplimiento de las ordenanzas de seguridad e higiene en el trabajo, la propaganda de las mejoras técnicas, la estadística de producción y consumo, la variación de los mercados, según el lugar y el tiempo, señalar las producciones más convenientes, etc., etc.

Puede completarse el cuadro de actividades sindicales con encargarse de la distribución de los susbsidios estatales, la creación de medios de recreo, educación y descanso, hospitales modernos, casas de puericultura, guarderías infantiles, etc., etc.

23. LÍMITE NATURAL DEL SALARIO MÍNIMO

En el apartado 1322 hemos definido la verdadera Ley de Bronce de los Salarios, como tendencia de éstos, debida a la propiedad privada de los entes naturales, singularmente de la tierra. Este límite inferior, dependiendo de la apreciación individual y colectiva de lo que constituye el mínimo aceptable para la vida considerada en su mínima expresión, tiene en sí mismo un agente moderador que es la costumbre.

El hecho de ser ello así es lo que ha engañado a los economistas, que han aceptado como cierta la definición de Ricardo de la Ley de Bronce de los Salarios, que como hemos visto, es errónea.

Este agente moderador, sin embargo, no actúa perpetuamente como la tendencia general apuntada en la páginas 20, y, por lo tanto, a pesar del agente, la ley allí expresada es cierta.

Ahora bien, para que dicha ley sea eficiente, es preciso, como vimos, que exista una adjudicación forzada de entes naturales a los particulares. En efecto:

Supongamos que hubiese un terreno cuya explotación fuese libre para el que quisiera emprenderla. Entonces, nadie se conformaría con ganar un jornal menor que lo que pudiera conseguir en dicho terreno, aplicándole su esfuerzo, es decir, que tanto en la agricultura como en la industria, en la construcción, en el comercio, etc., etc., tendrían que pagarse jornales iguales o superiores a dicho límite.

Aunque se da la palabra jornal, para más justicia se ha de entender que en dicha palabra va comprendida la suma de bienes ganados, tanto físicos como sociales y morales, puesto que con frecuencia se dará el caso de que se desprecie una cantidad mayor en pesetas, si con la menor va aparejada alguna ventaja de otro orden.

El mencionado, es, pues, el límite natural para los salarios. límite constituído por lo que un hombre pudiera ganar en el terreno libre de mejor calidad existente, aplicando su propio esfuerzo.

Cuando la tierra no sea apropiable por los particulares, sino que constituya un bien común, entonces habrá desaparecido la tendencia a la disminución de salarios expresada por la verdadera Ley de Bronce.

231. Una vez el terreno libre, y de acceso a todos factible, el avance de la técnica aumentará los salarios, al producir más sobre los mismos terrenos. Para una misma demanda quedarán más terrenos libres, es decir, quedarán libres terrenos de superior calidad, y éstos determinarán el nuevo límite de los salarios superior al primitivo.

«En este caso, las ventajas de la técnica se reparten, pues, entre todos», y no como en la actualidad, en que, como ya se explicó, van todas a engrosar el bolsillo del terrateniente, hecho que desde hace tiempo ha sido inconscientemente apreciado por los labradores. Ejemplo de la reacción de éstos son las roturas de las primeras cercas de alambre en el Oeste americano, la destrucción de máquinas por los campesinos andaluces, en tiempos de la Dictadura y durante la República, etcétera, etcétera.

232. Por otra parte, supongamos a una misma situación técnica un aumento de la población, determina que sean contratados en subasta terrenos que anteriormente habían quedado vacantes, y los terrenos libres son de peor calidad que los anteriores.

De ello se deduce una disminución de salarios (contados en bienes económicos como siempre), y, por tanto, una reducción del consumo posible, con lo que automáticamente se

regula la distribución de productos que, siendo más a consumirlos, tocan a menos.

Queda, pues, bien de manifiesto que la organización natural de una nación exige la propiedad común o comunal de todo el territorio y de todos los entes naturales.

Es España está bien reconocida la propiedad de la Nación sobre todos los minerales, piedras, etc., en la Ley de Minas de 19 de julio de 1944.

En este trabajo propugnamos por una definición similar a la siguiente:

«Es propiedad nacional todo aquello en cuya creación no ha intervenido la mano del hombre. Es propiedad privada la parte proporcional a lo que el trabajo humano ha aportado al valor de una cosa.»

3. LA INTERVENCIÓN DEL ESTADO. LAS PRIMERAS MATERIAS

Hasta ahora hemos propugnado por grandes aumentos de producción, proponiendo medidas que indefectiblemente han de conducir a dicho fin; pero se nos ha ocurrido preguntarnos durante el transcurso de las anteriores disertaciones, cómo sería posible este aumento de producción dada la escasez de primeras materias en existencia.

Hemos de notar, sin embargo, que es absurdo hablar pura y simplemente de escasez de primeras materias dando a la expresión su valor gramatical absoluto, y tan es así que, aun cuando digamos esta frase, aun cuando la pensemos, lo que realmente pensamos o queremos expresar es que hay más demanda de primeras materias que oferta de las mismas.

31. La contingencia de que los materiales se ofrezcan en menor cuantía que su demanda es un fenómeno imposible, en forma permanente, en un mercado con libertad de contratación, ya que en él el precio regula automáticamente la oferta y la demanda, tendiendo a igualarlas, cuya es la eficiente forma de actuación de las leyes naturales.

En un mercado libre el aumento de precios de los materiales consiguirá: por una parte, disminuir la demanda haciendo que dichos materiales sólo sean empleados por quienes satisfagan por su empleo una necesidad mayor, que serán la que más podrán pagar, y por otra parte, el mayor margen de beneficio atraerá nuevos productores, pondrá en juegos nuevos yacimientos, cuya explotación será económica a los nuevos precios, terrenos más pobres se pondrán en cultivo, etc., et...., la producción de las primeras materias consideradas aumentará.

Otros materiales entrarán en juego, bien por habilitarse substitutivos de inferior calidad, bien por resultar económico el empleo de materiales más caros y mejores.

La carestía de los materiales escasos conduce e un mejor empleo de los mismos, con el consiguiente ahorro.

Basta con lo apuntado para percatarnos de que la única causa de escasez de materiales es la intervención en los precios, y no sólo por parte del Estado, sino también por los «trust» o empresas acaparadoras, monopolios y semi-monopolios, y éstas sí que deben ser intervenidas por el Estado, a fin de evitar el fenómeno de escasez.

Un ejemplo, al parecer, paradójico es lo ocurrido con las empresas mineras poseedoras de los mejores y más productivos yacimientos que durante cierto tiempo no podrán competir con las empresas dedicadas a carbones de calidad inferior y cuyos yacimientos producían menos Tm., por día y hombre, ya que éstas se veían libres de la entrega de cupos forzosos a empresas nacionales o de interés nacional. Constituyó esto una ventaja tan importante que determinó que los buscadores de minas se ocupasen solamente de encontrar carbones inferiores, e incluso (tal es la exageración que llegó a mis oídos) pasaban por alto posibles yacimientos de buena hulla.

Ciertamente no es de creer que se llegue a tales extremos, pero sin embargo se concibe, y es lógico, que esa sea la general propensión.

32. Suponiendo que el dinero circule en una cantidad fija y con una determinada velocidad, los precios serán altos o bajos según que la producción sea mucha o poca frente al consumo. Por tanto, la acción directa de las tasas no puede afectar al precio total del conjunto de las mercaderías, y sin embargo, las tasas tienen consecuencias indirectas muy perjudiciales para el bienestar público.

La imposición de una tasa trae como consecuencia directa la inmediata aparición del mercado negro, la necesidad de vigilancia para hacerla cumplir con la consiguiente precisión de empleo de personal que pudiera dar rendimiento útil en otra labor, mermándose la producción nacional y, lo que es peor, el agio y el comercio ilegal son causa de la pérdida de los valores morales.

Si la tasa es inferior a la que resultaría en el mercado libre, la demanda aumenta, el precio del mercado negro tiende a aumentar y cada vez es más atractivo el mercado ilegal.

Si, por el contrario, la tasa es superior al precio en el mercado libre, la demanda baja, el precio en el mercado negro todavía baja más, y los productores no pueden dar salida a los productos, sucediéndose el paro forzoso y las quiebras.

321. Sería un error o una ingenuidad suponer que la promulgación de una ley basta para que sea respetada. Una ley inadecuada es un semillero de delitos artificiales, porque sobre toda ley humana está la omnipotente Ley Natural del egoísmo, según la cual, el hombre tiende siempre a procurar su bien, a adquirir para sí las cosas buenas y repeler las malas, cosas buenas o malas que, dependiendo del criterio personal, son diversamente apreciadas, e intervienen tanto sean materiales como de orden moral.

Para que una ley contraria a sus intereses sea respetada por el hombre, se precisa acudir al otro gran impulsor que es el temor, para el que es necesario disponer un gran tinglado policíaco, cuya organización compuesta de hombre y no de ángeles (como dice don Emilio Lemos Ortega), en ningún caso puede llegar a ser perfecta ni libre de fraudes.

322. En último extremo, el consumidor pagará según sus necesidades; ello es natural y la razón de ser del agio, del mercado negro. Las diferencias entre la tasa y el precio natural irán a parar a los bolsillos del vividor, que siempre encontrará forma de burlar cualquier vigilancia, que no conseguirá sino encarecer el precio final pagado, dado que es preciso compensar el riesgo.

El precio final es o tiende a ser el precio natural, pero en cambio se ha perdido el estímulo que para el productor hubiera significado un gran beneficio del alza de precios, y con él, ha

desaparecido la mejor posibilidad de aumento de producción y por lo tanto de corregir el mal inicial.

Por ejemplo: Si el hierro se pagase en Altos Hornos al precio que por él paga el consumidor, hace tiempo que se hubiera solucionado la crisis de esta primera materia, y con ella, la de otras muchas, principalmente la del carbón.

Si el labrador hubiese podido vender su producción libremente, es seguro que en un principio se hubieran realizado buenos negocios, pero esas extraordinarias ganancias atrayendo gente hacia el campo terminarán la crisis del comestible, la de la vivienda en las ciudades, por realizarse la migración en sentido contrario al actual, nuevos terrenos hubiéranse puesto en cultivo, conseguiríase rápidamente la mecanización del campo, que, por ejemplo, nuestro Gobierno está persiguiendo con tan laudable celo implantar en España, pero sin precisar ni los grandes sacrificios ni tan importantes desembolsos como al presente, ya que la mayor parte hubiera sido subvenida por los propios agricultores, con el dinero que en la actualidad va a engrosar los bolsillos de los estraperlitas.

Además, para ello no se precisaría la creación de tantos y tan nutridos organismos, tan difíciles de suprimir cuando se estimen innecesarios.

323. Pero es que, además y como siempre, es muy de tener en cuenta el innecesario contingente de personal empleado, que se resta a las labores de efectivo rendimiento, disminuyendo la producción y encareciendo paralelamente la vida.

Es un hecho notable que el abastecimiento de una ciudad requiere en la actualidad 4 ó 5 veces más personal que en tiempos del mercado libre: 1.º Los tenderos, que, como es consiguiente, no han cesado en su negocio. 2.º Los «estraperlistas» en cantidad muy superior a aquéllos. 3.º Los policías, para procurar eliminar el «estraperlo». 4.º Los empleados de abastos, y 5.º Los transportistas de la mercancía oficial.

Todos ellos tienen que vivir de su trabajo, sea o no reproductivo, y por lo tanto, todos cargan sobre la producción real. Todos contribuyen a que la vida esté más cara y difícil.

33. Todo el fundamento jurídico de las tasas descansa sobre el temor a los grandes beneficios, y ciertamente está muy justificado este temor porque, en lo que tenemos costumbre de ver, esos beneficios se acumulan muy rápidamente.

Ahora bien, tales exageraciones sólo son posibles en casos de monopolios y exclusivas o semiexclusivas, y nunca cuando teniendo todo el mundo derecho de acceso libre a los entes naturales, la atracción de las grandes ganancias son un poderoso incentivo para afluir a ellas otros competidores, lo que rápidamente nivela el local desequilibrio hasta reducir los beneficios a los que se ganan en otros negocios, habiéndose así conseguido la suficiente producción de los elementos escasos para que dejen de serlo.

Por otra parte, estos grandes beneficios sólo son perjudiciales cuando se destinan a la especulación o al despilfarro de bienes económicos, y en ningún caso serán dañosos si son destinados al ahorro productor, es decir, a la constitución de empresas productoras, con lo que no se hace sino substituir la empresa del Estado por la particular o individual.

Y es así, porque lo útil para la Humanidad no es el dinero, sino las máquinas, instalaciones, etc., que el hombre de empresa va acumulando y poniendo en servicio, y siempre que a ello estén destinados, los grandes beneficios constituyen el ahorro capitalizador, cuyo llamado propietario puede ser el Estado o un D. Juan particular, sin que ninguno pueda abusar de su posesión, en las condiciones por que abogamos en todo este trabajo.

El tipo judío, el que gana millones y gasta céntimos en su persona, puesto que produce mucho y nada consume, dejando todo en beneficio de los demás, sería el tipo más provechoso a la Humanidad, con la condición de que sus beneficios fuesen resultado de una producción real y no de un agio, cosa esta última imposible con la organización estatal que propugnamos.

34. *Resumen.*

Hemos demostrado que la intervención es causa de escasez.

Hemos visto que la intervención es innecesaria.

Comprobamos también que las grandes ganancias son beneficiosas por constituir el ahorro productor, si no provienen ni se destinan al agio.

Por tanto, la intervención del Estado debe orientarse solamente a impedir los despilfarros de bienes económicos (no del dinero, que nada importa), a evitar el agio y a atajar los posibles desmanes de los colocados en situación de privilegio (monopolios, exclusivas, trust, etc.).

Todo lo demás lo realizará la Naturaleza por medio del trabajo humano.

Y entonces será verdad el mandato divino:

«Ganarás el pan con el sudor de tu frente» y no con el trabajo de los demás.

4. EL ESTADO Y EL INTERCAMBIO

41. Cada una de las mercancías puede relacionarse con otra tomada como patrón o unidad de medida del valor. De esta forma podríamos establecer tantas ecuaciones, cuantas fueran las mercaderías menos una, que es la tomada como unidad, por ejemplo, pudiera ser el trigo de cierta calidad, o el kilowatio de energía eléctrica, o el trabajo de un peón durante un día o una hora. También pudiera ser esta unidad la de una mercancía inventada exprofeso, sin otra utilidad que la de servir de relación entre las demás, cuya mercancía es la moneda.

Naturalmente, el sistema de ecuaciones que podemos establecer tendrá todos sus parámetros variables, puesto que, no sólo la cantidad de cada mercancía es variable en el tiempo y en el espacio, sino que también es distinto su valor considerado subjetivamente, pero todos estos factores son independientes del valor absoluto de cada mercancía, puesto que no determinan sino su proporcionalidad relativa.

Cada parámetro de relación está fijado en cada circunstancia por las variables de tiempo, espacio y subjetivas antes mencionadas; así, pues, en el sistema de ecuaciones que relacionan los valores de unas mercaderías con otra tomada como unidad, sólo hay una variable independiente, sólo hay una indeterminación.

Fijado uno de los valores, o uno de los parámetros, todos los demás valores y parámetros están sujetos a las leyes naturales, que los determinan automáticamente.

411. Dividiendo todas las ecuaciones, en ambos miembros, por el valor de la mercancía unidad, queda un sistema de ecuaciones perfectamente determinado, es decir, hablando con más propie-

dad humana, sin ninguna indeterminación que nos autorice a fijar un valor a nuestro capricho.

Si llamamos dinero a la unidad de relación, y dividimos el valor de todas las mercancías por el de esta unidad, los parámetros resultantes serán lo que llamamos precio.

Una persona ideal, suficientemente capacitada, podría medir exactamente los valores instantáneos de estos parámetros, incluso fijándolos en su valor local e individual, distinto como hemos dicho anteriormente, o, dicho de otra forma: «En un mercado libre, aquel sistema de ecuaciones es perfectamente determinado, no queda ninguna variable independiente que el hombre pueda fijar a su antojo».

Por tanto, siempre que de cualquier forma se pretenda fijar la cuantía de uno de dichos parámetros, se producirá un desequilibrio, salvo el caso casi imposible de que dicho valor coincida exactamente e instantáneamente con el valor natural local e individual.

Es humanamente imposible determinar en cada instante estos valores para todas las mercaderías, y además es tonto intentarlo, puesto que la Naturaleza los determina exactamente, sin esfuerzo ninguno por nuestra parte.

Si tenemos un desarreglo en la distribución de un motor de explosión, no pretenderemos mover las válvulas a su tiempo directamente con nuestras manos, sino que intentaremos corregir el desarreglo para que la distribución funcione sin nuestra intervención. Este es un ejemplo muy pequeñito, pero muy claro, de lo que se intenta cuando se pretende fijar precios a las mercancías o al esfuerzo humano, con la diferencia de que esto es descomunalmente más difícil que, con sólo dos manos, conseguir mover las válvulas de admisión y escape a sus debidos tiempos, y conservar el ritmo de 3.000 ó 4.000 revoluciones por minuto.

Sólo por tanteo o por aproximación se podrá determinar alguno de dichos valores, que no serán válidos sino por corto tiempo y en ciertas regiones. ¿Por qué no dejar esta labor a la Naturaleza y a la ley de oferta y demanda, que los determina instantáneamente y con seguridad absoluta?

42. Determinado el valor de una moneda en un cierto país, quedan automáticamente fijos los valores de todas las demás monedas de los otros países, y en el mercado internacional no existe indeterminación alguna, y así se explica la continua pugna entre los partidarios de monometalismo y los del bimetalismo, puesto que ninguno de ellos tiene razón alguna: Tan ilógico es un sistema como el otro.

421. Del hecho de que, desde antiguo, se haya pretendido fijar el valor de las diversas monedas con relación al oro, se ha derivado un desequilibrio permanente, con tantas sobredeterminaciones cuantos son los países que adoptan el patrón oro, desequilibrio que ha dado lugar al agiotage para desvalijar a los productores, a los consumidores y a los Estados, resultando que aquello que se ha dado en llamar «defensa de la moneda», es el peor ataque que la moneda puede recibir, pues siendo de libre cotización, la moneda es inatacable.

43. La costumbre acepta como axiomático el principio de defensa de la moneda, según el cual el Estado debe ocuparse de aumentar artificialmente su valor, cuya razón, para muchos justifica los mayores sacrificios, dando lugar con ello a la lucha por la supremacía de unas monedas sobre otras, en donde, como en las demás guerras, se acude a medios cada vez más violentos, que ya, mucho antes de nuestro Movimiento Nacional, devinieron en los bloques monetarios, en la congelación de créditos internacionales y particulares.

Como las naciones continúan aferrándose al error inicial, el Mundo no encuentra la solución, y se está hundiendo más y más en el aislacionismo, razón de la crisis del comercio internacional.

La gravedad de la situación se desprende del hecho de que la falta de primeras materias y se salida de productos conducen a los terribles paros industriales y mercantiles, causa del enorme descenso de rendimiento y del empobrecimiento de las naciones.

431. Con un sencillo ejemplo pondremos bien de relieve lo erróneo del sistema económico y la improcedencia de la más mínima intervención en las economías:

Durante su campaña de ventas, allá por los años 1932 y 33, el Japón envió a un puerto belga un barco cargado de bicicletas, con la pretensión de regalarlas a los belgas al precio de entonces de 12 fr. belgas (actualmente un valor de alrededor de 200 pesetas).

Pues bien, lejos de estar agradecido por este regalo de los japoneses, que pretendían trabajar gratis o casi gratis en favor de los belgas, el Gobierno prohibió dicha importación con la excusa de que eran demasiado baratas y podría causarse un trastorno a los fabricantes belgas del mismo artículo.

Lo cual, siendo cierto como es, nos demuestra bien a las claras que el sistema económico es deficiente, puesto que obliga a pagar a los restantes belgas para el mantenimiento de los fabricantes de bicicletas cantidades (equivalentes a esfuerzo productor) que no se pagarían aceptando el servicio de los japoneses.

En efecto, a nadie se le podría ocurrir que, como en este ejemplo, se perdiese pagando menos, y se ganase pagando más, cosa que en la realidad ocurre en todas las economías capitalistas y neo-capitalistas.

Desde nuestro punto de vista el ejemplo tiene la ventaja de ser tomado de un período llamado liberal, y nos demuestra que la libertad económica no correspondió al período de libertad política, razón primordial del fracaso del llamado liberalismo.

432. Por las mismas fechas se perpetraban crímenes económicos de lesa humanidad, quemándose trigo y café o destruyendo automóviles, hecho sólo imputable al sistema económico, en tanto que, por ejemplo, en Alemania no podían tomar café y casi no comían pan, y mientras tantos y tantos se veían, y nos vemos, precisados a marchar a pie. Todo ello con el exclusivo objeto de conservar altos los precios.

Este ridículo objetivo patentizará más su impertinencia al observar los esfuerzos que actualmente realiza la Humanidad para conseguir rebajar los precios, como si el precio de las cosas, medido en unidades de moneda, pudiese influir en lo más mínimo sobre la buena o mala marcha de la Humanidad.

433. Precios altos o bajos no tienen importancia alguna en sí cuando son debidos a mucha o poca circulación de dinero; solamente son de importancia cuando son índice de la producción, y entonces su corrección, tendente sólo a su rebaja, tiene que realizarse sobre la propia producción y no sobre el dinero, aplicando mejores métodos de producción que abaraten la vida.

434. El confusionismo en este terreno proviene de la valoración de la importancia de los intereses particulares y de los generales.

El interés general ha de mirarse por encima de todo, y, en

cambio, cada individuo particular ha de verse libre para poder proteger sus propios intereses, sin menoscabar, claro está, los intereses de sus prójimos.

Todos estamos bien convencidos de la certeza de la justicia de la anterior proposición. Todos los gobernantes la defienden en sus discursos, pero ninguno la lleva a la práctica. En el momento de su aplicación se prefiere con frecuencia proteger el interés particular en menoscabo del general.

44. Hemos de salir aquí al paso de otro falso concepto:

Desde tiempo inmemorial se viene considerando que el ciclo comercial empieza y concluye en el dinero, y así se llama ganancia a la diferencia de dinero entre el estado anterior y el posterior a la operación de venta de una economía, es decir, a la diferencia entre lo que costó y lo que se cobra por un mismo objeto. Ello constituye un grave error por ser causa de serios yerros en las legislaciones intervencionistas.

Dicha acepción no puede admitirse sino en tiempos de estabilidad de precios, porque en otro caso conduce al resultado de que para un mismo capital, e incluso para importantes beneficios contables, pueden ir disminuyendo los «stoks» de mercancías representadas por un capital superior al que en tiempos anteriores bastaba para tener abarrotados los casilleros del almacén.

Bien se ve que en estos casos, abundantes en la actualidad, son ilusorias las ganancias reflejadas en los libros.

441. En tiempos de variación del dinero no hay forma más justa para apreciar el beneficio que variar su concepto en la siguiente forma:

«Beneficio será la diferencia de dinero que resulte una vez repuesta la mercancía que se vendió.»

Se comprende que esta forma de valorar el beneficio no es cómoda, sino en el caso de que se mantenga el comercio sobre las mismas mercancías, y por ello se admite la definición corriente y errónea expuesta en el apartado 44.

Pero siendo el comercio una actividad destinada a cubrir las necesidades humanas, es bien lógico que la importancia real no pertenece al dinero, sino a la mercancía, y por ello es a ésta a la que es preciso atender primordialmente al calcular el beneficio.

442. Con lo anterior podemos formarnos una idea respecto a la falsedad del punto de vista desde el que se considera la actividad comercial, y debido a dicho error cuantos esfuerzos se encaminan a mejorar la situación mundial, están destinados al fracaso, y cuéntese que sin el intercambio nunca podrá alcanzarse un elevado rendimiento productor nacional ni mundial.

45. El albañil dijo al aprendiz:

«Ve a casa del carpintero y dile que el ancho de la ventana es éste» —y marcó la anchura abriendo los brazos con las manos una frente a la otra.

Este gesto, del que nos burlamos, no es más ingenuo que la pretensión de medir el valor en cambio por medio de la unidad monetaria.

Nadie pretenderá medir nada con una unidad continuamente variable, y nada lo es tanto con el valor del dinero, mucho más inestable que la distancia entre las manos del aprendiz, quien, al menos, tiene un cierto golpe de vista para apreciar esta separación, cosa que no existe en un cálculo mercantil para apreciar el cambio de valor del dinero.

451. Como, por otra parte, el dinero no tiene nada que ver con el valor en uso ni con el costo de producción, que no son sino límites superior e inferior del precio de cambio.

452. Queda, pues, bien demostrado que el dinero no cumplirá su misión en un mercado inestable, que sólo al agiotismo puede ser útil.

Ni la inflación, como pretende don Isaías Táboas, ni la deflación, perseguida en algunos países, son útiles al país, sino, por el contrario, altamente perjudiciales, como lo es cualquier cambio, incluso los que no pasan del estado potencial, pues basta con la esperanza del cambio para dar camino a la especulación.

453. Es patente la necesidad de un dinero invariable o al menos más estable, y que sea proporcional a la suma de mercancías ponderadas, que se cree, si es posible, al propio tiempo que la mercancía, cuyas características son reunidas por la letra de cambio y el cheque.

Esta clase de dinero tiene solamente el inconveniente de no ser de circulación forzosa, dado que reúnen muy pocas garantías.

Pero es posible darles mucha más seguridad que la actualmente reunida por ellos por medio de una reglamentación que les dé valor ejecutivo contra el aceptante de las letras y el firmante de los cheques, y prohibiendo la circulación de letras sin el correspondiente acepto del librado.

Con estas propiedades será mucho más extenso el empleo de estos documentos, que tendrán todas las ventajas del dinero en moneda, salvo la de ser fraccionables, y no reunirán ninguno de sus inconvenientes fiduciarios.

Cuando todo el dinero fuese creado en esta forma habría una indeterminación, por lo que sería preciso fijar un valor, por ejemplo el precio del oro, o el del kilovatio o el de un jornal de peón.

5. EXTRACTO

En tiempos de la dominación romana, Iberia sostenía ampliamente más de 40 millones de habitantes. Por el contrario, en el siglo pasado, disponiendo de una técnica indudablemente más avanzada, mal vivían unos 22 millones.

Por más que investiguemos no hallaremos otra razón para esta evidente paradoja que la de que Roma no tenía tan a fondo una intervención del Estado como en los tiempos que padecemos.

Con la técnica actual y una racionalización del estado Iberia podría muy bien sostener 150 ó 200 millones de personas con el nivel de vida actual, o proporcionalmente un número menos con superior nivel de vida, es decir, con menor esfuerzo.

Cuanto digo de Iberia digo de los demás países, y para ser alcanzado bastará tener en cuenta los puntos expuestos en el presente trabajo, y que resalto a continuación:

51. Unión de todas las posibilidades nacionales, que supone:

511. Utilización de todo el ahorro nacional para la producción.

512. Estímulo de los productores y empleo racional del personal disponible.

513. Uso racional de todos los medios naturales disponibles.

52. Para conseguirlo sugiero:

521. Suprimir obstáculos al ahorro en su camino hacia la producción e impedirle el acceso a la especulación,

522. Simplificar la organización del Estado dejando libre buena copia de personal para que aumente la cuantía del esfuerzo humano dedicado a la producción.

523. Retribuir a los trabajadores en proporción a su rendimiento útil. Suprimir la intervención oficial u oficiosa, e impedir la acción en masa de los trabajadores sobre los contratos individuales y sobre los jornales, pues lejos de serles beneficiosas estas intervenciones, son altamente perjudiciales para los mismos que pretenden proteger.

Separar la caridad de cuanto signifique trabajo, a fin de que el obrero no relacione nunca su jornal con el subsidio que por las necesidades de la familia pueda concederse a ésta.

Parar e invertir la propaganda disolvente, resaltando bien la efectividad del segundo mandamiento (cronológicamente hablando) de Dios: «Ganarás el pan con el sudor de tu frente».

524. Libertad de precio y contratación para los materiales, lo que supone:

5241. Que los materiales serán empleados por quienes por ellos estén dispuestos a pagar más, es decir, por aquéllos que tengan que satisfacer una mayor necesidad.

5242. Se conseguirá un mejor aprovechamiento de los desperdicios y la puesta en servicio de yacimientos más pobres.

5243. Se igualará la demanda a la oferta, solucionando así la llamada crisis o escasez de primeras materias.

5244. Se verá estimulada la producción de dichas primeras materias.

525. Libertad total de contratación de la moneda, cuya es su mejor defensa, y que, conseguida en todos los países, supondrá el equilibrio y libertad del comercio internacional, tan necesarios para la buena marcha de la producción mundial.

53. El fundamento de mis asertos descansa sobre los siguientes puntos:

531. En la actualidad, el dinero se orienta preferentemente hacia la especulación porque en ella encuentra más ventajas.

532. El nivel de vida de los productores sólo puede variar con la demanda y la oferta de brazos, por tanto sólo podrán variar las condiciones económicas del conjunto de los trabajadores cuando aumente la cantidad de las colocaciones, para lo cual es preciso proteger a los empresarios o patronos.

533. El costo de la vida calculado en dinero no es ninguna cosa importante. La intervención oficial en este aspecto sólo perjuicios puede acarrear.

534. El sistema de ecuaciones que relaciona las mercancías con la cantidad de moneda, lo que llamamos precio, no tiene indeterminación alguna en sí. Por tanto, al fijar un precio determinado (por ejemplo, un jornal) supone un desequilibrio económico sólo beneficioso para los pescadores en río revuelto.

54. Parecen haberse escrito como resumen de este mi pequeño trabajo las siguientes frases de don Emilio Lemos Ortega:

«Resistencias irracionales obstruyen la evolución normal y pacífica de la sociedad humana en su trayectoria hacia una civilización más alta, provocando legislaciones torpes y atropelladas en los Estados, que barren instituciones legendarias, consustanciales con la naturaleza humana, en extraña confusión con otras normas o costumbres incompatibles con el progreso material.»

«Tal es el caso de la propiedad. A la par que las llamadas leyes sociales y fiscales van restando vigor o desmoronando el derecho, que permite el dominio territorial por los particulares, se va destruyendo aquél otro de carácter intangible, que da la plena posesión de los frutos del capital, del ingenio y el trabajo del propio individuo que los promueve y ejecuta inducido por el instinto de conservación.

(De «La propiedad en crisis» —Nueva Economía Nacional—, número 375).

55. He descrito el camino para hacer factible la recolección de la abundancia que la madre Naturaleza, con tierna solicitud, nos ofrece, y con el bienestar venga la cordura a regir las mentes, el amor a anidar en los corazones, la sensatez a gobernar los apetitos, la sencillez a presidir las costumbres, la satisfacción a premiar los desvelos... LA PAZ A UNIR LAS VOLUNTADES... y así, con el castigo del trabajo, lleguemos a disfrutar la prodigalidad de la tierra, que es la bendición del PADRE.

Zaragoza, mayo de 1950.

N.º 250. - La política y la ciencia

Autor: D. IGNACIO PACTAC
Ingeniero de Minas

Todos sabéis que sin un orden preestablecido la vida no tendría ningún sentido, y bien pronto se convertiría en verdadero caos. Los hombres, lanzados libremente a la vorágine de sus apetencias pasionales, acabarían por devorarse unos a otros como fieras hambrientas y enloquecidas. Por eso es necesario, indispensable, una jerarquización sistemática, sabia y progresiva del mundo.

Persiguiendo este objeto, para buscar la verdadera senda que debe seguir el hombre para encontrar su felicidad en esta vida temporal, la humanidad lleva muchos siglos de lucha, rectificando continuamente la orientación de sus caminos, volviendo muchas veces sobre sus pasos, deslumbrada frecuentemente por el falso resplandor de luminarias falaces y desorientadoras.

Este orden presupuesto, que da nacimiento al sentido jerárquico de la vida, ya quedó bien claramente establecido por Dios en el Paraíso al crear el primer hombre, formado simbólicamente de la arcilla terrena, y como coronación de su obra, después de haber dado vida al sinnúmero de animales de todas clases, formas y tamaños, cuyos restos petrificados encontramos hoy en los terrenos de las diferentes edades geológicas de la corteza terrestre. Y esta vida exuberante y varia que enseñoreó mares y continentes durante muchísimos millones de años antes de que el hombre apareciera sobre la tierra, quedó sometida, subordinada a su dominio, a su observación y a su estudio desde que el hombre fué formado y erigido en rey de la Creación. He aquí, pues, la primera jerarquía humana, capaz de abarcar de una sola mirada y de comprender —como decía Pascal— toda la grandeza y majestad del Universo.

Este magno acontecimiento de la aparición del hombre sobre la tierra es relativamente reciente si lo comparamos con la fecha fabulosamente lejana de la vida en nuestro planeta, pues el hombre, según los más modernos estudios de la Paleontología humana, sólo hace unos cien mil años que fué creado. La humanidad es relativamente joven dentro del ciclo vital terrestre.

Y no solamente es en el hombre donde el sentido de la jerarquización impera, pues hasta en las esferas celestes y en toda la vida del Cosmos palpita con un ímpetu magnífico y arrollador. La teología nos describe el orden presupuesto entre los diversos coros de espíritus angélicos y los distintos grados o categorías en la sublime escala de la Iglesia. Los teólogos dividen estos espíritus de las regiones célicas en nueve órdenes o jerarquías: hay arcángeles, serafines, etc., cada uno de ellos con su grado correspondiente y todas estas legiones angélicas tienen por caudillo al valeroso arcángel San Miguel.

Los planetas de nuestro sistema giran, ciega y ordenadamente, alrededor de la jerarquía del sol, el cual los transporta en masa a través de la inmensidad del espacio con la enorme velocidad de veinte kilómetros por segundo, dirigiéndose actualmente hacia la constelación de Hércules, situada entre la Lira y el Boyero. ¿De qué puerto ha partido este espléndido convoy planetario y en dónde rendirá su vertiginoso viaje? Nadie lo sabe, pero estad seguros de que no navegamos a la deriva, pues quien marca la derrota al astro luminoso es el Divino Piloto, jerarquía suprema de los cielos y de la tierra. «Astro glorioso —dice Lord Byron dirigiéndose al sol, en su *Manfredo*— adorado por los hombres en la infancia del mundo como su Dios, antes que se revelase el misterio de la Creación. Primer ministro del Omnipotente, Tú eres el primero que regocijaste el corazón de los pastores caldeos en la cima de sus montañas, hasta el día en que te hicieron el homenaje de sus almas en oración. Rey de los astros y centro de una multitud de mundos, a Ti debe la Tierra su duración. Padre de las estaciones, Rey de los elementos y de los hombres, las inspiraciones de nuestros corazones, como los rasgos de nuestras fisonomías, están bajo la influencia de tus rayos, porque de cerca o de lejos nuestras facultades íntimas se iluminan ante tu irradiación lo mismo que nuestros aspectos exteriores. No hay gloria que iguale a la pompa de tu salida, de tu curso y de tu ocaso.»

Las estrellas, perfectamente agrupadas en el espacio, se hallan sujetas también a una jerarquización invisible y poderosa que las mantiene flotando en el firmamento, enlazadas, sojuzgadas, por los hilos misteriosos de la gravitación universal.

Hasta en las profundidades maravillosas del átomo, o sea, en la más pequeñísima porción de substancia que pueda imaginarse, los electrones giran vertiginosamente alrededor de su jerarquía suprema; el núcleo, que ocupa el centro del átomo, a la manera

de un liliputiense sistema planetario, interatómico, con su enorme energía potencial.

Y si observamos un poco atentamente este bajo mundo en que se desenvuelve nuestra existencia, nos encontramos que nada ni nadie se mueve sin obedecer a la voz de mando de una jerarquía.

El mundo animal nos presenta constantemente pruebas de esto que decimos. Infinidad de ejemplos podría poneros, pero basta con citar algunos de ellos bien conocidos de todos.

Las aves emigrantes al volar en grandes grupos, en determinada época del año, de uno a otro territorio buscando climas más propicios a su modo de vivir, llevan siempre sus guías, sus jerarquías, que, mejor dotadas que sus compañeras del maravilloso instinto de orientación, las conducen en un vuelo seguro hacia el país en donde han de reanudar su vida habitual.

Las inteligentes y laboriosas abejas trabajan afanosamente bajo la mirada escrutadora y maternal de su reina, y todos los detalles de su ajetreada existencia, tan bien observados y descritos por los naturalistas, son ejemplo admirable de la jerarquización más perfecta del mundo de los insectos.

La vida de las hormigas, tan aleccionadora para el hombre, es otro ejemplo notable de la jerarquización, del orden y de la previsión que preside su trabajo febril perfectamente organizado.

De la selva virgen nadie duda que es el león la primera jerarquía, y hasta en los corrales de las humildes quintanas campesinas es el gallo, arrogante y enhiesto, como un policía de tráfico, el que pone orden y ejerce una celosa vigilancia sobre las gallinas.

Es evidente, por tanto, que el orden impera en la inmensidad del Cosmos: en los cielos y en la tierra, entre los astros, que caminan a velocidades vertiginosas a través de los espacios sidéreos; como entre los animales, grandes y pequeños, que pueblan nuestro planeta. Solamente entre los hombres parece imposible conservar esta armonía universal. Y ello es prueba bien patente de la existencia del libre albedrío, entre los humanos, y del consiguiente de nuestra enorme responsabilidad ante el Creador de todas las cosas.

El hombre es el único ser entre todos los de la Creación capaz de comprender la belleza y la paz que reinan en el Universo, y, no obstante, es el único que, individual y sobre todo colectivamente, pelea sin cesar, y mata y destruye y aventa las cenizas de sus semejantes... ¡Extraño e incomprensible ser es el hombre! Capaz de los mayores heroísmos, pero también de los crímenes más atroces y de las abominables flaquezas.

La vida, pues, nuestra vida, es la resultante de toda clase de jerarquizaciones. Y como la jerarquización lleva aparejada de manera intrínseca el sentido de la categoría, dedúcese claramente que la diversidad de caracteres humanos, de intensidad, de instintos y apetencias de todas clases entre los hombres, que tanto nos distancia a unos de otros, exigen fatalmente una autoridad que los vigile, los refrene y los guíe.

Desde la edad primitiva del hombre, desde la tribu prehistórica, hasta las grandes agrupaciones humanas de nuestros días, ha imperado siempre la jerarquización. La grey humana, constituída bien por pequeñas tribus distintas y dispersas sobre el haz de la tierra sin ninguna conexión entre sí, o bien constituyendo Estados más perfectos y numerosos, unidos por relaciones de intercambio cultural y comercial, siempre ha estado sometida a una jerarquía superior que, a su vez, se subdivide en otras de categoría más inferior, formando un conjunto organizado que asegura el orden y el desarrollo progresivo de las agrupaciones humanas.

Pero, ¡ay!, la historia nos muestra los grandes errores en que han incurrido frecuentemente los pueblos al elegir sus jerarquías. Unas veces han sido reyes ambiciosos, déspotas y crueles que han empeñado a sus súbditos en guerras sangrientas y devastadoras. Otras veces emperadores más o menos geniales, endiosados y orgullosos que, pretendiendo ensanchar desmesuradamente sus territorios, lanzaban a sus pueblos a las más audaces y cruentas luchas, que terminaban siempre con la extenuación y el agotamiento de los combatientes. En tiempos más modernos y en los actuales, hemos presenciado y padecido las gigantescas luchas homéricas de hoy, a las que nos han conducido las jerarquías imperantes, ávidas de ampliar sus dominios sobre el planeta a costa de la sangre y del martirio de millones de seres que ni siquiera conocen el verdadero objetivo de la guerra que los diezma sin piedad.

Pues bien, de estos grandes desastres que en tantas ocasiones y en todas las edades ha sufrido la humanidad, son responsables ante Dios y ante los hombres muchas de las jerarquías que han gobernado y gobiernan a las naciones.

Y ello obedece, sin duda, a que los hombres, en general, no han acertado aún a conocer la verdadera forma de elegir a sus mandatarios, a sus Jefes de Estado, a sus jerarquías supremas ni siquiera a las de más inferior categoría. El poder, el mando, de los pueblos no se obtiene, en general, por una elección cuidadosa e inteligente. A este poder se llega frecuentemente después de una preparación política de índole propagandística, como si se tratara de un producto industrial o comercial, y muchas veces se toma este poder por la violencia, por el asalto, por la fuerza, en una palabra. Y entonces ¿qué garantías de prudencia, de sabiduría y de serenidad pueden ofrecer a un país estas jerarquías que llegan al poder en tal forma, casi como una bomba disparada por una catapulca electoral?

El profesionalismo político es la gangrena que consume despiadadamente a los pueblos. Mientras se permita que unos hombres con apetencias de gobierno y de mando monten sus tinglados en las calles y plazas de las ciudades y de las villas, como barateros de feria para arengar y embaucar a las muchedumbres prometiéndoles la felicidad en este bajo mundo si les conceden sus sufragios, no será fácil que los pueblos puedan contar con jerarquías honradas, leales y competentes. Cuando los Jefes de Estado y las jerarquías, en general, sean elegidos entre las personalidades selectas de la nación, cualquiera que sea su significación social, bien sea un aristócrata o un humilde hijo del pueblo, siempre que hayan dado pruebas concluyentes de su amor a la patria laborando por ella hasta el sacrificio, entonces sí, estos hombres sabrán conducir y gobernar a sus pueblos con el máximo sentido de la jerarquización.

Varones justos, prudentes y sabios son los que necesitan las naciones para elegir entre ellos sus jerarquías. ¿Pero cómo encontrarlos y conocerlos y elevarlos a los cargos dirigentes si ellos, enemigos en general del exhibicionismo, no hacen acto de presencia en los centros de reunión y de organización política? El recurso más práctico, a nuestro juicio, el único que puede hacer la selección necesaria a este fin es el que procura la designación

del candidato a jerarquía elegido por mayoría de votos entre las personas que por su oficio o profesión tienen trato más directo y más íntimo con aquel que desean elegir para dirigente, o sea, el llamado voto profesional o corporativo. Y entre las jerarquías elegidas de este modo deben seleccionarse a su vez las de un orden superior, hasta llegar a la que ha de asumir la más alta representación del Estado. El sufragio universal debe ser abolido por injusto y absurdo. Representa una suma de votos heterogéneos sin sentido de ninguna clase y, por lo tanto, sin ningún valor.

Esto no quiere decir que la gente del pueblo, los humildes y los iletrados, no tengan derecho a emitir su opinión en la elección de las jerarquías, no por cierto, pero esta opinión debe ser formulada en forma muy distinta a como se hace hoy. ¡Quién duda que la gente de la más modesta condición social conoce también —aunque a veces aparenta olvidarlo— el sentido de las jerarquías! Sabe muy bien quiénes son entre los de su clase los más aptos, los más inteligentes, los más honrados.

La elección de inteligencias y personalidades de acrisolada condición moral es lo que importa para dirigir a los pueblos.

Lo que eres, eso vales. Ya lo dijo Jesucristo con toda claridad: «Sólo hay una regla segura para juzgar a los hombres, el fruto». La palabra puede ser torpe y demoledora, puede ocultar intenciones malévolas, o puede fingir opiniones falsarias y promesas halagadoras que no llegan a cumplirse jamás. El fruto, sano o podrido; la obra, buena o mala, es lo que queda.

Por lo tanto, los hombres deben ser gobernados por los más aptos, por los más competentes y por los que reúnan cualidades más sobresalientes de bondad y de categoría espiritual.

Nada hay tan vario, tan distinto, como el índice espiritual de cada individuo. Dos hermanos gemelos podrán presentar tan asombrosa semejanza física, hasta el punto de poder ser confundidos por su propia madre. Pero su diferenciación se hace cada vez más clara y más patente a medida que avanza su proceso espiritual.

Este maravilloso conjunto, físico y moral, que forja una vida humana, sigue un proceso evolutivo distinto en cada individuo, de tal suerte que como decía un filósofo francés del siglo dieciocho: «El molde específico en que la naturaleza nos vació fué roto en el instante de nacer».

Y no solamente cada hombre representa un tipo específico, único, dentro de la comunidad, incapaz de igualarse exactamente a ningún semejante, sino que cada individuo durante el proceso evolutivo de su doble existencia física y moral jamás es igual a sí mismo: sus estadios de evolución vital cambian incesantemente y así se comprende la variedad infinita de emociones y de sentimientos que constituyen el complejo de una vida humana.

«El cerebro humano —dice Cajal— representa un mundo donde figuran algunos continentes explorados y vastas tierras ignotas. El hombre rudo y lego se ignora del todo y ni sospecha siquiera las riquezas potenciales que posee. En cambio, el hombre cultivado trata de explorarse y consigue al fin descubrir no pocos tesoros ocultos.»

El gran filósofos W. James cree que el destino moral del hombre es llegar a colaborar en la obra de Dios. «Destino nobilísimo —comenta Cajal— y en el fondo exacto, cuando se trata de sabios ilustres, inventores geniales o de escultores de pueblos».

Por eso la humanidad sólo podrá llegar a disfrutar de grandes etapas de paz y de concordia cuando la jerarquización del mundo se apoye en sus valores positivos capaces de conducirle, de guiarle, honrada y sabiamente por las sendas del verdadero progreso físico y moral, para el cual estamos llamados.

Y en verdad que ya va siendo hora de que termine la era de los arribistas de la política profesional, pues ellos fueron los que desencadenaron siempre las guerras en todas las edades, y principalmente las espantosas carnicerías bélicas, oprobio y vergüenza de la civilización actual.

Habréis observado que la tónica de nuestro tiempo se debe a los progresos incesantes de la técnica. Legiones de científicos, de técnicos de todas las especialidades, trabajan ahincadamente en la resolución de los innumerables problemas que hoy acucian a la industria de los países más adelantados a fin de desarrollar los planes que han de vigorizar sus economías. Es una carrera alocada, febril, de estudios, de descubrimientos, que conducen a los más sorprendentes resultados, como ese verdaderamente maravilloso, aunque terriblemente mortífero, de la bomba atómica.

Nunca como hoy se han manifestado con mayor pujanza y fecundidad las facultades creadoras y descubridoras del hombre, pero nunca tampoco se han empleado en mayor escala, en objetivos de destrucción y de muerte. Y ello parece consistir en que existe un notorio desequilibrio entre el progreso técnico y científico de la humanidad y su jerarquización política y social.

El técnico y el científico estudian, trabajan, inventan, descubren sin cesar nuevas maravillas del mundo físico, con la mirada puesta en la meta nobilísima de hacernos un poco más felices, de mitigar nuestro esfuerzo diario para subvenir a nuestro sustento, pero surge luego el político, la jerarquía gobernante, que ordena y legisla sobre la distribución y el empleo de los descubrimientos de la ciencia. Y aquí es donde falla todo el sistema económico y social del mundo, porque el político, en general, no ha llegado en su proceso evolutivo adonde llegaron la ciencia y la técnica.

El eminente físico don Julio Palacios, en su reciente libro titulado *Esquema físico del mundo*, insinúa este mismo concepto cuando se expresa del siguiente modo: «Los niños... quiere hacérsenos creer que nacen con el cerebro mejor organizado que el de sus padres para discurrir por el espacio curvo o para captar las sutilezas de las modernas estadísticas cuánticas. Lo que cambia no es la mente humana, sino el caudal de elementos de que dispone para meditar. Lo que distingue a nuestra generación de las precedentes en lo que a la elaboración del esquema físico del mundo se refiere, es que tenemos más datos experimentales, mejores conceptos físicos, y mejores teorías matemáticas. Quienquiera merecer justamente el título de pensador a la altura de su época, no ante el vulgo, sino ante su propia estimación, han de informarse a fondo de los datos recogidos y de los conceptos elaborados y además ha de manejar la matemática por todo lo alto. Quizás cuando tampoco se pueda ser pensador, en sociología, en política y en economía, sin cumplir los mismos requisitos logre la humanidad salir del atolladero en que se encuentra.

Mucho se ha discutido en todas las naciones civilizadas si el ingeniero necesita conocer en tan alto grado las matemáticas que se le exigen para el ingreso en la Escuelas Especiales, y de todas estas discusiones se ha llegado siempre a la conclusión de

que el estudio a fondo de las matemáticas es indispensable para preparar el cerebro de los futuros forjadores y administradores de las economías de los pueblos. Es gimnasia intelectual dura y fatigosa, pero de todo punto indispensable para comprender muchos conceptos físico-químicos del mundo, y poder aplicarlos ingeniosamente a las necesidades y progresos humanos.

Las matemáticas son necesarias a muchas y convenientes a todas las profesiones. Hasta a los abogados les serían muy útiles, pues con ellas se aguzaría su ingenio para el descubrimiento de la verdad, y sabrían llevar el rigorismo dialéctico a las leyes en las que no siempre brilla la claridad en la expresión, la justicia en el concepto, y la galanura en el bien decir.

Las matemáticas afinan y depuran el entendimiento y le dan exactitud y firmeza. Todas las ciencias deben hundir en ellas sus raíces, como ellas a su vez las tienen hundidas en los hechos experimentales, tangibles, de la Creación. La filosofía positiva que no se nutra de la observación experimental, no es filosofía, es sencillamente divagación. ¡A cuantos divagadores, verdaderos malabaristas del lenguaje, se les ha tenido y se les tiene aún por eminentes filósofos!

Por esa lo ciencia y la técnica progresan más a prisa que la política. Porque las primeras estudian la esencia, las propiedades, causas y efectos de los fenómenos naturales, pero los estudian experimentalmente valiéndose de todos los recursos que aportan los conocimientos humanos, tales como los de las matemáticas, los de la físico-química, en una palabra, los de todas las ciencias naturales. La técnica es, pues, una ciencia puramente experimental, una ciencia completa. La política, en cambio, no emplea los mismos medios, es una filosofía puramente especulativa, teórica, y mientras la ciencia fué solamente eso, pura teoría, la técnica avanzaba tambaleándose, cayendo en un error para levantarse en otro, y sus progresos eran verdaderamente miserables. Aún recuerdo que en mis años de juventud, algunos compañeros de hospedaje, estudiantes de medicina, me decían que ellos apenas estudiaban Física y Química, pues no la necesitaban en su carrera. Por eso los diagnósticos médicos, hace cuarenta y cinco años, eran mucho más difíciles, más imprecisos que hoy; porque no se empleaban, o se empleaban muy poco, los análisis de la sangre, los de las vísceras, la observación con los rayos X, etc.

Pero desde que la medicina, dando de lado a muchas filosofías trasnochadas y falsas, a las que se venían aferrando, se aplicó resueltamente a emplear a fondo el método experimental, poniendo en práctica los mismos procedimientos de otras técnicas, sus avances y sus descubrimientos fueron fabulosos.

Estos métodos, llevados desde un principio a las aulas de las Facultades, crearon el hábito de la investigación en los alumnos, y sin mortificar sus inteligencias con las ásperas disciplinas memoristas que venían imperando, los frutos de los nuevos sistemas bien pronto se empezaron a recoger.

Y de esta suerte, la medicina española no sólo ha conseguido elevar enormemente el índice de la Sanidad nacional, sino que actualmente difunde su ciencia y su prestigio más allá de nuestras fronteras, poniendo muy alto el pabellón de España.

Bueno sería que esta misma resolución que han tomado los médicos españoles se extendiera a otras carreras universitarias y técnicas, con lo que lograrían salir del atraso en que muchas de ellas se encuentran.

Por esta causa vemos hoy el mundo dividido en dos grandes grupos de tan distintas, de tan contrarias ideologías. Uno de estos grupos, el más avanzado, el de mayor progreso técnico, el de un nivel de vida más alto, rinde culto predilecto a la ciencia experimental, impulsada por la libertad de movimientos y de la iniciativa individual, y así se ha hecho grande y poderoso. El otro grupo, aferrado tercamente a una filosofía especulativa, teórica, en lo social y en lo económico, pretende imponer por la fuerza su doctrina a los demás pueblos de la tierra, doctrina que en los muchos años que lleva practicando no ha podido sacar de la infelicidad y la miseria a sus súbditos. Este grupo, que vive aislado de los demás pueblos, encerrado en los confines de sus inmensos territorios, sugiere la impresión de lo que hacen los niños traviesos cuando se encierran en un cuarto para hacer diabluras. Y menos mal que se contentaran con este aislamiento solamente, pero de esa caja inmensa, herméticamente cerrada, salen hilos invisibles con los que se mueven los muñecos guiñolescos del mundo.

Volviendo ahora a nuestros profesionales e investigadores, verdaderamente, ¿no os ha causado pena a muchos de vosotros, al leer frecuentemente en estos últimos tiempos en los diarios, las noticias del trasiego de técnicos y de hombres de ciencia eminentes desde las naciones vencidas a las vencedoras? Unos de grado y otros por fuerza, las mejores inteligencias de Alemania, de Austria y de otras naciones han tenido que abandonar sus gabinetes de trabajo, sus fábricas, sus laboratorios, para ser conducidos como nuevos galeotes de la ciencia moderna a fecundar con su labor magnífica y llena de abnegaciones las patrias extrañas.

A raíz de los tremendos estragos producidos por la bomba atómica en Hiroshima y Nagasaki, habréis leído también en periódicos y revistas muchos comentarios en tonos violentos de anatema contra los hombres de ciencia que han sido capaces de inventar ese artefacto destructor. Sí, en efecto, desde el descubrimiento del Radium, hace ahora unos cincuenta años, se sospechaba que la materia no es más que una forma de la energía y que acaso algún día el hombre podría destruir, desintegrar esta materia y poner en libertad la enorme cantidad de energía que encierra en su masa.

Recuerdo que en el año 1915, en una conferencia de divulgación que dí en Sama de Langreo acerca de los fenómenos físicos del Universo, para mostrar al auditorio la enorme cantidad de energía almacenada en la materia, les puse el ejemplo —que cita Gustavo Lebon— de la que podría encerrarse en una pieza de un céntimo, o sea, de un gramo de peso, y con un cálculo muy sencillo se llega a la cifra de 510 mil millones de kilogramos en números redondos, que equivalen a un trabajo de 6.800 millones de caballos de vapor, con cuya fuerza un tren ordinario de mercancías podría dar cinco veces la vuelta a la tierra. Para ello, la locomotora necesitaría quemar 2.830 toneladas de carbón, que al precio de unas cien pesetas la tonelada, representaría un valor de 283.000 pesetas, que es en lo que se transmutaría el céntimo de poder desintegrable y aprovechar su energía intraatómica.

¿Pero podemos aprovechar esta reserva colosal de energía que se encierra dentro de la materia?, preguntaba yo. En el estado actual de la ciencia, todavía no, y añadía: «Estamos en el caso —dice Le Bon— del hombre que se encuentra dueño de

una caja de caudales llena de oro, y que no puede abrirla: durante algunos años, el hombre creía que esta caja no encerraba más que el átomo, pero ha habido un escape: por un orificio de la caja ha salido un chorro de polvo de oro (el descubrimiento del radium), y el hombre se encuentra dueño de un tesoro que todavía no puede aprovechar.»

Pero han pasado 35 años de esta conferencia, y desde entonces ¡cuántos estudios, cuánto trabajo acumulado sobre estos trascendentales problemas de la constitución de la materia!, hasta que la ciencia ha conseguido la desintegración artificial de algunos minerales terrestres, confirmándose plenamente en la bomba atómica la inmensa cantidad de energía, que, como se suponía, se encierra dentro de la materia.

Actualmente se puede seguir diciendo, por lo tanto, como se decía entonces, que la disociación de la materia y el aprovechamiento de su energía son los problemas del porvenir.

Y a esta labor se vienen dedicando desde hace cincuenta años los más eminentes físicos del mundo civilizado. Pero por la mente de estos hombres estudiosos jamás ha pasado la idea de emplear esta fabulosa energía almacenada en la materia a fines bélicos, como por el pensamiento de Nóbel jamás pasó la idea al inventar la dinamita, de emplearla en la destrucción de puentes, de iglesias, de ferrocarriles, de edificios de todas clases, ni en la fabricación de bombas y petardos. El perseguía exclusivamente el objetivo de dominar y hacer manejable un cuerpo químico tan enérgico e indómito como es la nitroglicerina, a fin de que pudiera ser empleado para la destrucción de las rocas en el laboreo de las minas, en la perforación de los túneles y en los trabajos submarinos, etc. Esto mismo acaba de corroborarlo el insigne profesor alemán Otto Hahn, que nos hizo el honor de asistir a las recientes sesiones celebradas por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

El «abuelo de la bomba atómica», como se le llama, por haber sido el primer científico que consiguió desintegrar el átomo de uranio en 1938 (1), ha dicho a un periodista del *A B C*:

(1) Véase *Transformaciones naturales y artificiales de los núcleos atómicos. La disgregación del Uranio*, por el Prof. Otto Hahn. «Euclides», núm. 23, pág. 34. Enero 1943.

«Nunca pude pensar que las fuerzas ocultas, por mí descubiertas, pudieran utilizarse algún día en contra de los hombres mismos. La energía atómica debe emplearse exclusivamente en su beneficio, y de forma inmediata en substituir al carbón y a la electricidad.»

El mismo profesor cree también que «si las naciones estuvieran gobernadas por hombres de ciencia, el mundo conocería la paz».

Esto no quiere decir —a mi juicio— que todos los científicos fueran capaces de dirigir a los pueblos y a las grandes naciones, pero sí que el gobierno de éstas debiera ser confiado a aquellos hombres que unen a una esmerada preparación científica, una gran experiencia de los negocios prácticos.

La bomba atómica marca el fin de un estadio, de un ciclo completo, en los trabajos que se vienen haciendo sobre la composición de la materia y representa un avance considerable y brillantísimo en este conocimiento.

No, no han sido los técnicos, ni los hombres de ciencia los causantes de los estragos de la bomba atómica. Por el contrario, esas individualidades de elección son las que con sus trabajos, sus inventos y sus descubrimietos, van transformando progresivamente el modo de vivir de la humanidad civilizada. Si ellos formaran parte preponderante de los gobiernos de las naciones, seguramente sabrían buscar soluciones pacíficas a las querellas y disputas entre los Estados, evitarían muchos conflictos bélicos y lograrían mantener en todo momento el orden y la disciplina en los países de su mando.

En este sentido debiera orientarse definitivamente la jerarquización política del mundo si quiere librarse de perecer por una violenta desintegración social, como la de la bomba atómica.

Y al pensar en los graves peligros que nos amenazan y en las amarguras que estarán pasando esos hombres de cerebros de luz y de corazón ardiente, trabajando como galeotes fuera de su patria, apetece lanzarles este grupo de paz y de esperanza: «¡Técnicos y científicos de todo el mundo, uníos para salvar a la civilización!»

Mayo 1950.

N.º 253. - Problemas económicos de España. Orientación para la resolución de los concernientes a las producciones metalúrgicas y eléctricas

Autor: D. IGNACIO PACTAC
Ingeniero de Minas

I

LOS PROBLEMAS

Entre los problemas planteados actualmente para la reconstrucción y revalorización de nuestros recursos naturales, figuran en primer plano los referentes a las producciones metalúrgicas y eléctricas.

Es indudable que, teniendo, como tenemos, en el suelo nacional excelentes criaderos metalíferos de varias clases, e importantes yacimientos de combustible de buena calidad, España debe preocuparse seriamente de resolver sus problemas económico-industriales, a fin de aprovechar mejor sus riquezas y construir aquí, con elementos propios, muchos de los artefactos de paz y de guerra que hoy necesitamos importar del extranjero.

Expongamos, ante todo, con la mayor concisión, cuáles son esos problemas fundamentales que existen planteados en España, y que han de ser objeto de nuestro estudio.

* * *

Según las Estadísticas oficiales, entre los principales productos importados en España, en el último cuatrienio, anterior al Glorioso Movimiento Nacional, figuran los siguientes:

Años	Toneladas	Pesetas oro
AUTOMÓVILES Y PIEZAS.		
1932	10.724	27.083.000
1933	17.010	41.209.000
1934	28.488	58.766.000
1935	26.482	59.551.000
MAQUINARIA		
1932	18.206	47.043.000
1933	16.320	42.648.000
1934	19.420	46.018.000
1935	22.121	50.552.000

Años	Toneladas	Pesetas-oro
HIERRO Y ACERO (Chatarra)		
1932	127.193	5.542.000
1933	69.175	2.747.000
1934	106.552	4.469.000
1935	143.821	6.401.000
CARBÓN MINERAL		
1932	917.929	21.989.000
1933	798.326	17.935.000
1934	1.124.953	22.582.000
1935	1.170.360	23.924.000
SULFATO AMÓNICO		
1932	440.354	39.485.000
1933	289.116	31.182.000
1934	332.689	29.114.000
1935	394.776	40.203.000
NITRATO SINTÉTICO		
1932	57.042	9.367.000
1933	66.598	9.189.000
1934	65.593	7.107.000
1935	90.710	9.658.000
NITRATO SÓDICO COM. (Salitre de Chile.)		
1932	67.758	11.472.000
1933	55.268	7.764.000
1934	155.848	14.192.000
1935	145.812	13.336.000
ESTAÑO EN LINGOTES Y BARRAS		
1932	1.753	4.531.000
1933	1.516	4.894.000
1934	1.612	5.971.000
1935	1.946	6.780.000
MATERIAL ELÉCTRICO		
1932	5.888	32.225.000
1933	4.376	27.423.000
1934	5.732	33.847.000
1935	5.138	29.616.000

Es decir, que en el grupo metalúrgico, en el que incluímos la maquinaria, la chatarra de hierro y acero, los automóviles y sus piezas, el estaño, el carbón con sus derivados, los sulfatos y nitratos sintéticos, se han importado en España, en el año 1935, 1.850.216 toneladas, con un valor de 197.069.000 pesetas-oro, o sea, muy cerca de los *doscientos millones de pesetas-oro.*

En el grupo del material eléctrico se han importado, en el mismo año, 5.138 toneladas, con un valor de 29.616.000 pesetas-oro. En el cuatrienio, el tonelaje medio de importación anual de este grupo fué de 5.283 toneladas, con un valor de 30.777.000 pesetas-oro.

No está incluído en ninguno de estos dos grupos el nitrato sódico com. o salitre de Chile, empleado en la fabricación del ácido nítrico y en el abono de las tierras. De este salitre se han importado, en el año 1935, 145.812 toneladas, con un valor de 13.336.000 pesetas-oro.

Se sabe que este producto natural puede ser substituído hoy por el nitrato cálcico, sintético, obtenido en las fábricas de fijación del nitrógeno atmosférico, empleando los sistemas de las fábricas holandesas o alemanes.

Todos estos productos importados, excepto el último, y una parte del carbón, son *productos manufacturados*, y proceden, en su mayoría, de dos primeras materias muy abundantes en el subsuelo nacional, cuales son las minas de hierro y los carbones, unas y otros en gran parte de excelente calidad, como hemos de ver más adelante.

En cuanto a los demás minerales que en menor proporción entran en la composición de estos productos manufacturados, de muchos de ellos como son los de cobre, cromo, cobalto, manganeso, molibdeno, estaño, plomo, etc., poseemos también yacimientos en el suelo patrio algunos importantísimos, como son, por ejemplo, los de cinc, uranio, tungsteno, etc.

En resumen, el importe total de las producciones metalúrgicas y eléctricas importadas anualmente en nuestro país se eleva a unos *doscientos veintiocho millones de pesetas-oro*, que constituye una sangría agotadora, causa de la anemia crónica que padece nuestra Economía y del estancamiento durante mucho tiempo de nuestro desarrollo industrial.

En cambio, la exportación de nuestros minerales *sin manufacturar*, en el mismo cuatrienio, ha sido la siguiente:

Años	Toneladas	Pesetas-oro
MINERAL DE HIERRO		
1932	1.308.000	10.750.000
1933	1.411.156	11.593.000
1934	1.778.451	13.688.000
1935	1.893.370	15.117.000
PIRITAS DE HIERRO		
1932	1.325.680	17.190.000
1933	1.708.468	19.183.000
1934	1.820.438	18.624.000
1935	1.807.833	17.834.000
PLOMOS SIN MANUFACTURAR		
1932	78.902	20.425.000
1933	77.680	18.743.000
1934	57.090	13.042.000
1935	43.257	10.757.000

Años	Toneladas	Pesetas-oro
MINERALES DE COBRE		
1932	352.187	5.104.000
1933	199.656	2.925.000
1934	248.698	3.041.000
1935	186.726	2.371.000
COBRE SIN MANUFACTURAR		
1932	13.015	4.909.000
1933	10.627	4.010.000
1934	9.894	3.487.000
1935	4.793	1.393.000
MINERALES DE CINC		
1932	69.491	4.656.000
1933	74.874	4.378.000
1934	56.345	3.213.000
1935	59.120	3.053.000

El total de estos minerales exportados y de cobre sin manufacturar, se elevó, en 1935, a unos *cuatro millones de toneladas*, con un valor de unos *cincuenta y dos millones de pesetas-oro.*

Como se ve, el balance entre los productos metalúrgicos y eléctricos importados, y las primeras materias minerales, exportadas, es realmente desconsolador, principalmente el balance siderúrgico.

España, que importaba en productos manufacturados de hierro y acero en maquinaria (sin contar el material eléctrico) unas 22.000 toneladas, con un valor de 50 millones y medio de pesetas-oro, exportaba unos 2 millones de toneladas de mineral de hierro (que representan, aproximadamente, un millón de toneladas de hierro-metal), con un valor de 15 millones de pesetas-oro. La producción de mineral de hierro en el mismo año fué de 2.700.000 toneladas.

En verdad, que es un contrasentido incomprensible, y un error básico, de lesa patria, el que una nación como España, que importaba anualmente 22.000 toneladas de hierros y aceros manufacturados, ¡exportase unos dos millones de mineral de hierro y sólo manufacturase 800.000 toneladas, o sea, una tercera parte aproximadamente de su producción!

Y ello obedece a la triste condición de servilismo económico en que se ha desenvuelto durante muchos años la producción minera española, especialmente la de los ricos criaderos ferríferos de Vizcaya, hoy en vías de rápido agotamiento. De hecho, el mineral vizcaíno ha ido a nutrir, casi en su totalidad, los vientres de los hornos altos extranjeros, principalmente los de Inglaterra, cuyas vicisitudes han repercutido de un modo directo en nuestras exportaciones, como vamos a ver, documentalmente.

El mineral de Somorrostro empezó a transportarse en carros, en siglos pasados, para alimentar las ferrerías de Álava, Navarra y Logroño, y otras del interior, y por mar hasta el puerto de Deva con destino a las de Guipúzcoa, y más tarde a los puertos del mediodía de Francia y a los de Inglaterra.

En el año 1877 llegó la exportación del mineral de hierro de Vizcaya al millón de toneladas; a dos millones, en 1880; a tres millones, en 1882; a cuatro, en 1887, y a *cinco millones* (tonelaje máximo exportado por Vizcaya al año), en 1889. Desde este año disminuyó la exportación hasta llegar al millón y medio de toneladas en 1919, o sea, en el primer año de la postguerra

europea, y esta exportación quedó reducida a medio millón de toneladas a causa del cierre de las fábricas siderúrgicas inglesas por la huelga de los mineros. Solucionada ésta, volvió a crecer la exportación hasta un millón y medio de toneladas anuales, pero en el año 1926 otra huelga de mineros obligó a apagar varios hornos altos en Inglaterra, y de nuevo dicha exportación volvió a decrecer. En el año 1927 vuelve a alcanzar la exportación el millón y medio de toneladas, y en el año 1931, que fué de gran crisis siderúrgica en Inglaterra, bajó a menos del millón de toneladas hasta que, en el año 1935, volvió a resurgir la industria siderúrgica inglesa, gracias a la protección arancelaria que le otorgó el Gobierno y entonces vuelve a alcanzar nuestra exportación el millón de toneladas.

La exportación del mineral vizcaíno a Inglaterra ha tenido siempre una gran importancia.

En el año 1882, de los 3.626.968 toneladas de mineral exportadas de Vizcaya, se enviaron a Inglaterra 2.450.000 toneladas, y en 1895 se exportaron al mismo país 3.122.000 toneladas, que fué el tonelaje máximo anual enviado a dicha nación.

Desde el año 1913, anterior al de la declaración de la guerra europea, al 1935, o sea, en un período de 22 años, la producción y exportación de los minerales de hierro españoles han sufrido un rápido descenso, que se detuvo en el año 1932, desde el cual han vuelto a ascender lentamente, como puede observarse en el siguiente cuadro:

PRODUCCIÓN, EXPORTACIÓN Y BENEFICIO DE LOS MINERALES DE HIERRO EN ESPAÑA

Años	Producción Toneladas	Exportación Toneladas	Beneficio Toneladas
1913	9.861.668	8.907.309	954.359
1929	6.546.648	5.594.337	952.311
1930	5.517.211	3.724.261	1.792.950
1931	3.190.203	1.872.877	1.317.326
1932	1.760.471	1.308.000	452.471
1933	1.815.484	1.411.156	404.328
1934	2.094.001	1.778.451	315.550
1935	2.700.000	1.893.370	806.630

En cuanto al ramo de beneficio, durante este período de 22 años se mantuvo en un promedio de unas 870.000 toneladas de mineral de hierro, anuales, o sea, poco más de 400.000 toneladas de hierro-metal.

Se estima en unos *doscientos millones* de toneladas la exportación total, hasta el presente, de los minerales de hierro de Vizcaya, o sean, unos *cien millones* de toneladas de hierro-metal, que fundidos, en una gran parte, en altos hornos ingleses, imaginando reunidas en un solo canal, todas sus sangrías formarían un verdadero río de hierro colado, que fecundó, durante muchos años, la industria siderúrgica de aquella nación.

Un distinguido publicista de asuntos económicos y mineros, don Luis Barreiro, de quien hemos tomado algunos de los datos mencionados anteriormente, alude en uno de sus artículos (1) a la previsora Ley XVII del Fuero de Vizcaya, que durante algunos años del siglo XIX prohibió la exportación del mineral de hierro de Vizcaya, y comenta: «Afortunadamente esta disposición fué abolida unos años más tarde». ¿*Afortunadamente*, para quién? El beneficio inmediato sería indudablemente para los productores vizcaínos, pero España ha perdido un tonelaje importantísimo de mineral de hierro de superior calidad que debió haberse beneficiado aquí totalmente, o al menos en una gran parte, y *con carbón español*, con lo cual se hubiera conseguido no sólo la creación de una fuerte industria siderúrgica, sino también un incremento importantísimo de nuestra producción carbonífera.

(1) L. Barreiro. «La exportación de mineral de hierro de Vizcaya». *Boletín Minero e Industrial*. Bilbao. Diciembre 1937.

Hulla y hierro en íntimo consorcio, en producción ponderada regida por un Estado vigilante y consciente, han sido las bases del gran desarrollo industrial de países como Inglaterra, Alemania, Bélgica, Suecia, y más recientemente del Japón y de Holanda.

Pero en España no sólo no ha existido nunca esa compenetración, esa inteligencia y colaboración recíproca entre la hulla y el hierro, sino que, por el contrario, estas dos producciones han marchado siempre disociadas, por caminos diferentes, mirándose de reojo, y en ocasiones hasta con recelo y aversión, considerándose como antagónicas.

Asturias y Vizcaya, no obstante su nexo geográfico y etnológico, que las hace tan afines y tan próximas, jamás han sabido comprenderse ni acertaron a juntar sus riquezas naturales y las energías viriles de sus hijos, para crear el gran centro metalúrgico del Norte de España, que hubiera sido el núcleo propulsor de la industrialización del país y, por tanto, de su independencia económica.

Los mineros y los metalúrgicos vizcaínos no se han interesado nunca por los yacimientos carboníferos de Asturias, y solamente desde hace algunos años la Sociedad «Altos Hornos de Vizcaya» posee un coto carbonífero en Turón, y el minero bilbaíno don Horacio Echevarrieta explotó durante varios años los yacimientos del Samuño, en Langreo, que llevan el nombre de «Carbones Asturianos». Dichos metalúrgicos han dado preferencia siempre a los carbones ingleses, que llegaban a sus puertos en favorables condiciones de precio a causa de la economía obtenida en los fletes de los buques ingleses que venían a cargar los minerales de hierro.

Se ha vendido mucho mineral, todo el magnífico criadero de los óxidos naturales anhidros (*vena* y *campanil*) e hidratados (hematites parda o *rubio* de Bilbao), tan ricos y puros como los mejores de Suecia. Sólo quedan en las partes más profundas de los criaderos los *carbonatos*, que es preciso calcinar, para su venta, y cuyas reservas se calculan en 70 a 80 millones de toneladas, que sólo podrán sostener la producción actual durante 25 años. Con el producto de la venta de estos minerales se ha creado en Vizcaya y en Valencia (1) una industria siderúrgica,

(1) La fundación de las importantes fábricas de la «Siderúrgica del Mediterráneo», en Sagunto, por los capitalistas vizcaínos, en un lugar del litoral español bastante alejado de las cuencas carboníferas actualmente en explotación, demuestra hasta qué grado se desinteresan los bilbaínos de nuestros yacimientos hulleros. De otra parte, el extraño emplazamiento de esta factoría, parece ser que ha obedecido a circunstancias derivadas de la calidad de los minerales de la provincia de Teruel.

Siguiendo su tradición minera, los capitalistas vizcaínos, propietarios de las minas de «Ojos Negros», proyectaron y construyeron un ferrocarril hasta Sagunto, desde donde habían de ser embarcados los minerales con rumbo al extranjero. Mas como estos minerales son pulverulentos exigen la aglomeración previa, sin la cual no tendrían fácil empleo, y entonces se pensó no sólo

pero esta industria es insuficiente, de todo punto, para cubrir nuestras necesidades y debe ser renovada y puesta al día para producir las variedades de hierros y aceros que exige hoy la industria de la paz y de la guerra.

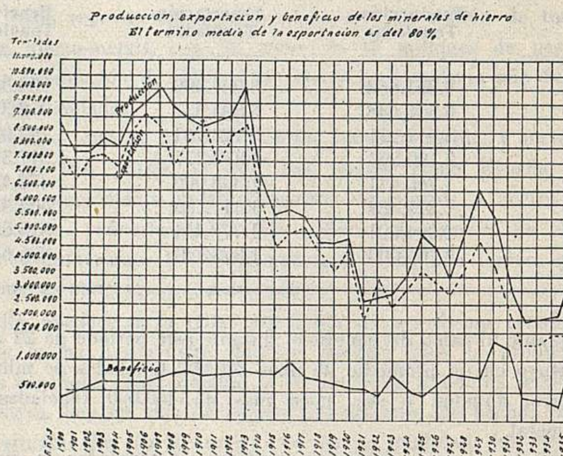
Vizcaya ha anejenado, con un rendimiento mínimo, su ríquisimo patrimonio mineral y es muy probable que las generaciones venideras, al afanarse por hacer una España grande y libre, se den cuenta de que sus antecesores malbarataron una parte muy importante de su hacienda, de la hacienda de todos, por carecer de un elevado sentido económico de la vida nacional.

El distinguido Ingeniero de Minas, don Eustaquio Fernández Miranda, Profesor que fué, durante varios años de Metalurgia General y Siderurgia, en la Escuela de Ingenieros de Minas, de Madrid, se expresa del siguiente modo en su notable obra *La Industria Siderúrgica de España*, publicada, en 1924, bajo los auspicios de la «Comisión protectora de la producción nacional»: «La riqueza mineral ferrífera de España, sin llegar a la de los Estados Unidos, que en sus criaderos del Lago Superior ha extraído ya más de 600 millones de toneladas y cuentan con reservas que se evalúan en 3.000 millones de toneladas, es de una importancia extraordinaria, así en cantidad como en calidad. Nuestro suelo encierra todas las variedades de mineral, y si por lo que respecta a cantidad ocupamos en el mundo el quinto lugar de los países productores, por la calidad de nuestras famosas menas de Bilbao, hemos conquistado en el renombre universal un primer puesto al lado de los célebres criaderos de Stiria, en Austria, con nuestros *carbonatos*; de los de hematites parda de Siegen, en Hungría, con nuestros *rubios*; de los de hematites rojas del Lago Superior, en América, y de Cumberland, en Inglaterra, con nuestros *campaniles*; de los de minerales manganesíferos de Siegen, con los nuestros de Covadonga, Huelva y Cartagena.

La calidad excepcional de nuestras menas ferríferas ha servido para fomentar la exportación alimentando un gran número de hornos altos del continente europeo, especialmente en Inglaterra, llegando a adquirir los minerales, en el concierto universal, una notoriedad análoga a la de las renombradas magnetitas de Suecia; pero mientras este país consume el 20 % de la producción, y aprovechando la pureza de sus minerales ha creado una industria siderúrgica, conocida en el mercado mundial por la calidad extraordinaria de sus productos, nosotros no llegamos a consumir el 10 % de los minerales que arrancamos, avaros, al suelo nacional para enriquecer arcas extrañas, y no hemos sabido crear una industria siderúrgica al amparo de tan excelentes primeras materias, que a lo menos se impusiera en el mundo por la calidad de los productos, en una época en que la calidad era función directa de la de los minerales, cuando aún no se había llegado a progresar en los procedimientos metalúrgicos hasta conseguir que los enormes depósitos de mineral pobre de Lorena (para no citar sino al mayor criadero del mundo) pudieran, merced a su contenido en fósforo, dar productos que hoy compiten con los que se obtienen de los minerales más ricos y más puros. Entonces pudimos fundar una industria siderúrgica de carácter nacional, aprovechando nuestra posición predominante, privando a los competidores de fuera del consumo de nuestros minerales ricos y puros; hoy tenemos que luchar con una formidable competencia de países extranjeros y nuestra siderurgia no abastece su propio mercado.

Fuera mejor conservar intacto el tesoro mineral que verle ahora en camino de que se agoten sus más preciadas menas sin haber dejado otro beneficio en el país que el interés del capital, no siempre español, para los empresarios, la inversión de fondos en mano de obra, para el pueblo, en algunas adquisiciones para el comercio, y los tributos de una industria primaria para el Estado.»

El señor Fernández Miranda completa su argumentación con dos gráficos muy interesantes de la Producción, Exportación y Beneficio de los minerales de hierro desde el principio del siglo actual hasta el año 1922, ampliado hasta el año 1935, y otro de la producción media por quinquenios entre los años 1861 a 1922, que reproducimos.



El primero revela claramente el carácter exportador de nuestra minería de hierro, pues a la curva de producción sigue muy de cerca la de exportación, y en cambio la del beneficio se sostiene bastante por debajo de aquéllas sin grandes variaciones. Un suave y penoso ascenso hasta el pequeño pico del año 1916, correspondiente a la guerra europea, y desde aquí otra vez el descenso hasta un poco por debajo del medio millón de toneladas.

Del segundo gráfico se deduce que mientras el arranque del mineral llega a ser de 50 veces mayor, su beneficio solamente llega a decuplicarse. Por lo cual, añade el señor Fernández Miranda: «Bien expresivamente indica el gráfico que el creciente laboreo de las minas se ha hecho en beneficio del extran-

---

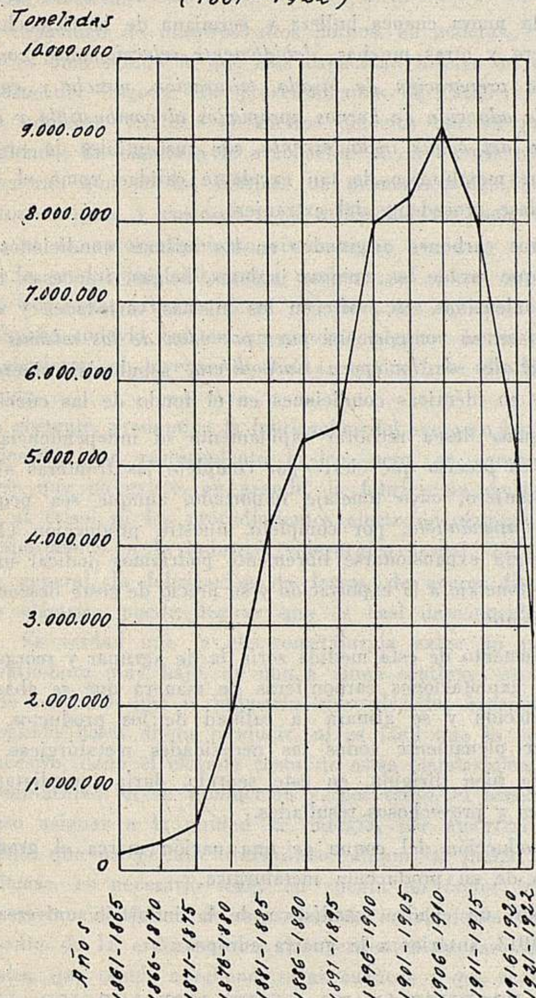
en aglomerarlos, sino también en manufacturarlos, con vistas a la exportación.

Es decir, que una factoría colocada —según expresión de un distinguido metalurgista— «a *medio camino* del mineral y de los compradores», y muy lejos de las cuencas carboníferas en explotación, intentaba dar el importante salto a que necesita lanzarse nuestra siderurgia para poder competir con sus similares extranjeras. Uno de los resultados fué la importación anual de un crecido tonelaje de coque metalúrgico inglés, en perjuicio de nuestra economía, pues este coque podría y debiera producirse de nuestras hullas debidamente seleccionadas.

En el emplazamiento de una factoría de este orden, reviste una importancia primordial el poder contar en sus cercanías, *en todo momento y en todas circunstancias*, con carbón abundante y barato. Por lo demás, es bien sabido que en el tratamiento de una tonelada de mineral de hierro se emplean, por lo menos, dos de carbón.

jero, y no es menos expresivo en la demostración de nuestra aptitud para empresas de provecho inmediato y de nuestra pereza, para las que requieren estudio, trabajo, capital y esfuerzos continuados y perseverantes.»

Producción media por quinquenios de minerales de hierro (1861-1922)



Como se deduce claramente de los datos y hechos aportados hasta aquí, el problema fundamental de las producciones metalúrgicas españolas, particularmente de las siderúrgicas, reside en el estudio de la coordinación, en sentido nacional, de las exportaciones e importaciones de las primeras materias y de los productos manufacturados que de ellas se derivan.

La producción metalúrgica nacional debe ser orientada a conseguir una disminución gradual de este gran tonelaje de importación, manufacturado, utilizando al propio tiempo en mayor proporción, en nuestras fábricas, los ricos minerales vizcaínos que aún nos quedan, a fin de restañar en lo posible la sangría exportadora de estas menas de superior calidad.

El Estado debe vigilar celosamente el uso que los concesionarios hacen en todo momento de aquellos productos naturales cuya explotación se les permite bajo ciertas condiciones, y debe *dirigir* y estimular el empleo, el camino que han de recorrer estos productos. Debe tenerse siempre presente que la riqueza mineral de un país pertenece íntegramente al Estado, y que éste sólo concede el derecho a explotarla mientras este derecho favorezca los intereses generales de la nación. Cuando así no suceda, o perjudique aquellos intereses, este derecho debe ser retirado.

La complejidad de los afanes de la vida moderna y el juego de las relaciones comerciales entre los diferentes Estados, demanda imperiosamente el que todos los elementos productores y distribuidores de un país se gobiernen por una Economía dirigida al bienestar y progreso de la nación. Por carecer España durante muchos años de Gobiernos vigilantes y conocedores de nuestros recursos naturales, hemos dilapidado una parte de nuestra riqueza mineral o hemos permitido que pasara a manos extrañas.

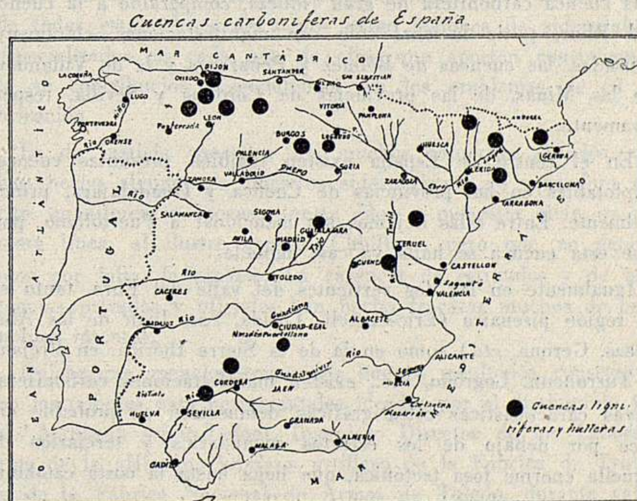
Hora es ya de rectificar y de coordinar todos nuestros esfuerzos, orientándolos hacia una nueva España fuerte y laboriosa.

Íntimamente relacionado con el problema metalúrgico, como ya se ha apuntado anteriormente, existe en España el problema de los combustibles sólidos que tampoco se ha abordado nunca resueltamente y, por lo tanto, orientado de una manera franca y decidida hacia su solución. Leyes deficientemente estudiadas, con escasos asesoramientos técnicos, no han conseguido encauzar y fomentar la producción carbonífera, que ha sido siempre una de las industrias españolas de vida más azarosa y fluctuante. Y, sin embargo, España es un país que posee combustibles sólidos de todas clases, de inmejorable calidad, desde la antracita más pura, de edad carbonífera, hasta las mejores turbas cuaternarias.

Solamente Asturias, con sus dos magníficas cuencas, la central, de Langreo, Mieres y Aller, de edad *moscoviense*, y la descubierta recientemente en el concejo de Gijón, de edad *uraliense*, serían más que suficientes para abastecer el consumo nacional y aún para poder disponer de un tonelaje importante destinado a la exportación.

Estudios muy modernos comparativos entre la cuenca central asturiana y la cuenca de Bélgica, han demostrado de una manera

Cuencas carboníferas de España



concluyente la identidad estratigráfica de ambas formaciones que ofrecen las mismas capas de carbón, de la misma potencia e igualmente colocadas. La calidad de los carbones es también la misma, así como la superficie ocupada por cada una de estas

cuencas (en análoga forma plegadas, en los dos países), que es de unos 1.860 kilómetros cuadrados.

Las únicas diferencias que existen entre ellas consisten en que la cuenca belga produce actualmente unos 30 millones de toneladas al año, y alimenta una importante industria siderúrgica, y la asturiana no pasa de los seis millones de toneladas y en que las explotaciones belgas se hacen a unos mil metros de profundidad, por término medio, y en Asturias, en cambio, se ha empezado a profundizar en algunas zonas, solamente, hasta unos 400 metros. Tenemos, pues, en Asturias dos magníficas cuencas carboníferas, una de ellas completamente virgen al borde del mar, con excelentes hullas y antracitas, sin contar la cuenca hullera submarina de Arnao, en Avila, hoy paralizada, pero con grandes reservas de combustibles, y las cuencas occidentales de Tineo y Cangas del Narcea, casi inexplotadas actualmente por falta de medios de transporte.

En la vertiente meridional de la Cordillera Cantábrica, en las provincias de León y Palencia, poseemos yacimientos tan importantes como los de Sabero, Santa Lucía, Barruelo, Guardo, etc.

Al Este de Burgos, y como a unos veinte kilómetros de la ciudad, al pie de la Sierra de la Demanda, existe otra importante cuenca carbonífera casi inexplotada y casi desconocida de los españoles. En cambio, mineros ingleses y americanos han venido haciendo sondeos en la misma durante estos últimos años, habiendo descubierto recientemente varias venas de carbón, de inmejorable calidad, a pequeña distancia de la superficie. Estos yacimientos carboníferos, por su excelente situación geográfica, están llamados a adquirir un importante desarrollo en el futuro, y los Gobiernos de España, vigilantes y atentos al interés patrio, deben impedir que esta nueva riqueza natural vaya a poder de manos extrañas.

Estudios, también bastante recientes, han hecho ver la importancia que puede llegar a tener la cuenca del Guadalquivir, pues en toda la extensión del valle bético, desde Córdoba hasta el mar, se presume, con mucho fundamento, la existencia de una cuenca carbonífera de gran riqueza, comparable a la cuenca del Rhur, y de la cual sólo son manifestaciones, claramente acusadas, las cuencas de Bélmez y Peñarroya y la de Villanueva de las Minas, de las provincias de Córdoba y Sevilla, respectivamente.

En el centro de España existen también presuntas cuencas explotables en las provincias de Cuenca y Guadalajara, principalmente. Entre ellas dejamos sin mencionar a Puertollano, porque esta cuenca se halla ya casi agotada.

Igualmente en las dos vertientes del valle del Ebro, tanto en la región pirenaica (Eric-Castell, Lérida, San Juan de las Abadesas, Gerona, etc.) como en la de la Sierra Ibérica, en Préjano y Turruncun, Logroño, etc., existen manifestaciones carboníferas cuyas características estratigráficas demuestran su probable enlace por debajo de los estratos secundarios y terciarios de aquella enorme fosa tectónica, que llega hasta la costa catalana, que es muy probable se encuentre rellena de terreno carbonífero.

Pues bien, una nación como España, con estos grandes recursos carboníferos, casi inexplotados, y muchos de ellos hasta inexplorados, cuando producía anualmente unos 6 a 7 millones de toneladas de carbón, y su consumo era de 8 a 9 millones, importaba, en estos últimos años, principalmente de Inglaterra, de uno a dos millones de toneladas. En esta importación figuraba un tonelaje importante de carbón manufacturado, coque y briquetas, que algunos años ascendió a unas 400.000 toneladas. Esta importación ha sido doblemente perjudicial para España, pues ha restringido en un importante tonelaje nuestra producción hullera y nos ha privado del valor de los subproductos de la destilación, brea, alquitranes, benzol, sales amoniacales, etc. Y no se arguya que nuestras hullas son inapropiadas para fabricar buen coque metalúrgico, pues las del valle de Turón, Asturias, las de la nueva cuenca hullera y permiana de la Camocha, las de Sabero y otras muchas, *debidamente seleccionadas, con una esmerada preparación de lavado, trituración, mezcla y compresión y la adopción de hornos apropiados al combustible y buena extinción del coque incandescente,* son susceptibles de producir un coque metalúrgico de tan excelente calidad como el de la mejor clase procedente del extranjero.

Nuestros carbones originados en las mismas condiciones geológicas que los de las cuencas inglesas, belgas, francesas, holandesas y alemanas, etc., ofrecen las mismas variedades y características en su composición, *pues proceden de las mismas especies vegetales de la época Carbonífera,* sepultadas sincrónicamente y en idénticas condiciones en el fondo de las cuencas.

Si España desea recobrar rápidamente su independencia económica, es preciso que cierre por completo las fronteras al carbón extranjero, cuyo tonelaje importado, aunque sea pequeño, refrena, *taponándola,* por completo, nuestra producción (1). Si ésta pudiera expansionarse libremente podríamos dedicar un importante tonelaje a la exportación y su precio de coste descendería notablemente.

Complemento de esta medida sería la de agrupar y reorganizar nuestras explotaciones carboníferas de manera que se abaratara la producción y se afinara la calidad de los productos, para satisfacer plenamente todas las necesidades metalúrgicas. Una Economía bien dirigida, en este sentido, daría inmediatamente excelentes y provechosos resultados.

La producción del coque de una nación marca el grado de progreso de su producción metalúrgica.

He aquí un cuadro estadístico de la industria universal en el año 1913, anterior a la guerra europea:

PRODUCCIÓN DE COQUE METALÚRGICO

	Toneladas
Norteamérica	42.000.000
Alemania	32.167.000
Inglaterra	21.000.000
Francia	3.600.000
Bélgica	3.500.000
Rusia	3.000.000
Austria-Hungría	2.700.000
Canadá	1.300.000
España	600.000

(1) La importación del carbón inglés en España ha sido uno de los factores más importantes y eficientes de la «política de envolvimiento» que Inglaterra ha venido ejerciendo sobre nuestra nación desde hace muchos años.

La industria metalúrgica española necesita de grandes perfeccionamientos para ponerse a la altura de las principales naciones industriales y poder suministrar los hierros, aceros y aleaciones necesarios y de la calidad conveniente para la construcción de los diversos mecanismos y utensilios de todas clases que hoy importamos y que son indispensables en la vida actual de los pueblos civilizados: máquinas agrícolas, calderas y máquinas de vapor, motores de diversos sistemas, automóviles, aviones, submarinos, tanques y carros de asalto, tractores, material eléctrico, etcétera, etcétera.

La capacidad de nuestros altos hornos, en general, es pequeña, y es bien sabido lo que esta capacidad influye en el precio de coste del lingote. Los procedimientos de carga y sus servicios adolecen también de ciertos defectos que es preciso ir corrigiendo. En cuanto a la evacuación de la escoria empléanse, en general, aún en las fábricas de primera categoría procedimientos antiguos y costosos y su utilización no suele ser completa, ni su aprovechamiento sistemático.

En la producción siderúrgica moderna, el acero va reemplazando completamente al hierro en todas sus aplicaciones. Pero en España todavía existen en servicio algunos hornos «de los que siguieron al invento de Cort», según frase de Fernández Miranda.

No obstante, predomina la fabricación del acero en hornos Martin-Siemens, con revestimiento básico, pero, en cambio, puede decirse que no existe, en grande, la fabricación de los aceros finos al crisol ni los procedimientos electrosiderúrgicos, de tanta importancia en la industria siderúrgica actual (1).

En general, la fabricación de ferros, de aceros finos y del acero eléctrico puede decirse que es casi desconocida en España. Es verdad que la electrometalurgia exige un precio del kilowatio-hora muy bajo, de uno a cinco céntimos, en los lugares de consumo, que la industria hidro-eléctrica española no ha conseguido hasta ahora producir, ni es fácil que lo consiga en lo sucesivo, dado el elevado costo de estas instalaciones, la falta de regularidad en su producción y, por tanto, el precio que es preciso asignar a la unidad de energía, por amortización, factor fijo, que no permite flexibilidad alguna al precio de coste.

Además, es necesario tener en cuenta un factor importantísimo en la vida futura de esta clase de instalaciones: el trabajo incesante de la erosión sobre las vertientes de las cuencas de embalse, que tiende a rellenar estas cuencas y que acabará irremisiblemente por aterrarlas, como ha sucedido ya en varios países.

Solamente las supercentrales termo-eléctricas, instaladas a bocamina, en los centros carboníferos, quemando carbones de inferior calidad, son capaces de resolver el problema fundamental para el desarrollo de la industria electrometalúrgica en España, de producir, con toda regularidad y flexibilidad, la energía eléctrica a bajo precio.

Los siderurgistas saben bien las muchas dificultades que ofrece la fabricación de los aceros especiales modernos. De continuo ofrecen fenómenos nuevos, cuyo estudio requiere buenos laboratorios y hábiles e inteligentes investigadores.

Los aceros especiales para aviación y automovilismo, por ejemplo, se obtienen en crisol o en hornos eléctricos, y exigen, además de la energía eléctrica barata, buenos laboratorios químicos, mecánicos, metalográficos y espectroscópicos. Sin estos elementos, ninguna nación podrá conseguir buenos aceros para estas aplicaciones tan importantes en la civilización actual, ni contribuir a sus incesantes progresos.

Los aceros al *níquel*, que aumenta su facultad de temple; al *cromo*, que aumenta su facultad de templar en medios débiles, como el aire y el aceite, aumentando su dureza y resistencia y produciendo los aceros *inoxidables*; al *manganeso*, que aumenta su resistencia al desgaste; al *tungsteno*, que produce los *aceros rápidos* para herramientas y aceros magnéticos; al *silicio*, que produce los aceros elásticos que se utilizan en la fabricación de resortes y muelles; que produce aceros de gran resistencia en caliente, cuya propiedad se aprovecha para la construcción de válvulas de escape, y que como disminuye la histéresis del acero se le utiliza en la fabricación de aceros para palastros de dínamos: al *cobalto*, que aumenta la potencia de corte de los *aceros rápidos* para herramientas y su fuerza coercitiva y que con el cromo produce aceros para imanes; al *molibdeno*, que, como el cromo, aumenta la penetración del temple, curando la enfermedad llamada de Krupp (aumento de fragilidad) de los aceros sometidos durante muchas horas a la acción del calor, como las válvulas de escape, etc.; al *vanadio*, que aumenta la resistencia en caliente y la resistencia a la fatiga, disminuyendo la fragilidad; al *aluminio*, que se emplea actualmente en ciertos aceros especiales para la *nitruración*, que endurece su superficie más que la cementación, etc. La obtención de todas estas clases de aceros exige legiones de siderurgistas especializados en cada una de ellas que aporten continuamente su contribución personalísima en los problemas de su fabricación.

Es de justicia constatar los muchos esfuerzos aislados, que han hecho algunos de nuestros siderurgistas, de verdadero mérito, en diferentes épocas —entre ellos es menester citar, en primera línea, al ilustre general Cubillo—, pero que no detallamos por falta de espacio. La carencia de estímulos y de asistencias privadas y oficiales han hecho fracasar muchos de estos nobles intentos.

Únicamente mencionaremos los buenos resultados conseguidos en los temples para herramentales ideados por el distinguido jefe de Artillería señor Lafont, Ingeniero Director de los Laboratorios de la «Hispano-Suiza» y artillero de la Fábrica de Trubia, y de la Fábrica Nacional de Armas de Toledo, durante varios años. Con este temple, empleado con éxito en aceros nacionales, se fabricaron cinco clases de cartuchos distintos de cañón para la Marina española, que resultaron más baratos, resistiendo en fuego casi el triple número de disparos que los que se fabricaban en el extranjero. El mismo señor Lafont, durante su

(1) En España, la Compañía «S. A. Echevarría», de Bilbao, fabrica algunas clases de aceros finos para herramientas, y en la Fábrica de Araya (Álava) se obtienen ferrosilicio y ferromanganeso, eléctricamente. También en la Fábrica Nacional de Trubia se obtienen aceros especiales en crisoles de arcilla grafítica y eléctricos, de arco, tipos Fiat y Moore; e igualmente en Toledo se puso en marcha, no hace mucho tiempo, un pequeño horno eléctrico de inducción para fundir metales y aleacciones, el primero que se montó en España.

La magnífica Fábrica «Hispano-Suiza», de Barcelona, posee hornos eléctricos sistemas «Hump» y «Homo» para templar y revenir, y «Aubert-Duval» para la *nitruración*, con sus pirómetros registradores, siendo la única fábrica española que emplea este sistema de endurecimiento del acero.

estancia en la Fábrica de Trubia, ideó un nuevo procedimiento de *temple en gran serie* que implantó en dicha fábrica y que aplicado a los proyectiles de cañón permite templarlos cuando están ya casi terminados, con todas las operaciones mecánicas hechas en material *recocido*, lo que produce una gran economía en trabajo, personal, maquinaria y herramientas, y mayor velocidad en los avances y profundidades de corte. De otra parte, este procedimiento, en caso de guerra, permite el empleo de todos los tornos de la industria civil, que no suelen estar hechos para trabajar acero templado.

La Fábrica de Trubia es una buena fábrica metalúrgica y mecánica, de emplazamiento excelente, susceptible de experimentar importantes transformaciones y ampliaciones para producir artefactos modernos de guerra y de paz. En ella debieran hacerse los ensayos semi-industriales para la obtención de las gasolinas y lubrificantes del carbón, de tanta transcendencia en un país como el nuestro, que cuenta con tan escasas probabilidades de poseer yacimientos petrolíferos. E igualmente debieran producirse allí los aceros eléctricos y las aleaciones de las características necesarias para la fabricación de los fuselajes y motores de los aviones de guerra, así como su completo montaje: automóviles blindados, tanques, carros de asalto, tractores, etc. Esta fábrica puede contar, en todo momento, con energía calorífica y eléctrica baratas y con el lingote de hierro procedente de las fábricas asturianas.

En cambio, la Fábrica de Armas de Toledo es más bien mecánica que metalúrgica, pues el famoso *acero toledano*, como ha dicho muy acertadamente el mismo señor Lafont, es un verdadero mito, pues allí no se fabrican aceros eléctricos. No obstante, el mágico nombre de *Toledo* ha alcanzado en el mundo tal celebridad, que según dicho metalurgista, ha visto en Alemania aceros con la marca «Toledo-Hispania», y en Francia, «Forges, acieries et trefileries Toledo». Pero ciertamente en Toledo pudiera ser creado en pocos años un centro siderúrgico importante a base de la energía procedente de una supercentral termo-eléctrica, instalada en la cuenca carbonífera de Burgos, que podría surtir de flúido barato a Toledo y Madrid.

Otra de las fábricas que honra verdaderamente a la industria nacional es la «Hispano-Suiza», de Barcelona, en la cual se han introducido ya los modernísimos *aceros nitrurados* (1) en la fabricación de algunas piezas, como, por ejemplo, en los cilindros de los motores de aviación, platos de fricción de embragues de discos para coches, etc., pero en España no se fabrican aún esta clase de aceros, ni apenas ninguno de los aceros especiales de la Tabla Standard para aviación y automovilismo y que respondan a la tabla de equivalencias internacionales: categorías A-1, de acero duro al cromo-níquel hasta la F-7, de acero extraduro, divididas en los grupos siguientes: Grupo A: piezas de gran fatiga. Grupo B: Aceros duros sin cementación. Grupo C: Aceros inoxidables y para trabajos a altas temperaturas. Grupo D: Aceros especiales, de cementación. Grupo E: Aceros para usos especiales. Grupo F: Aceros ordinarios al carbono.

Hace pocos años, la Casa Krupp ha patentado un *acero inoxidable* (al *cromo-cobalto*) para instrumental quirúrgico y un *acero al cobalto*, para imanes y herramientas (1).

Todos estos aceros especiales se hacen hoy en hornos eléctricos de inducción, tipo Frik (el ilustre siderurgista de las fábricas Krupp), y en hornos eléctricos de arco, tipo Heroult, principalmente.

Vemos, pues, que todos los procedimientos puestos en práctica actualmente en la producción siderúrgica, se hacen a expensas de la energía eléctrica, que, naturalmente, es indispensable sea producida a bajo precio. Igualmente, el beneficio de la mayoría de los demás metales, como el cinc, cobre, níquel, cobalto, aluminio, plomo, etc., se hace preferentemente, con grandes ventajas en su rendimiento económico, por los sistemas electro-metalúrgicos.

Metalurgia y *Electricidad*, disociadas hasta hace pocos años, se funden hoy en una rama importantísima y básica de toda la Economía de los países más avanzados. Caminamos rápidamente hacia el dominio integral de la Electricidad en el mundo civilizado. Los países que acierten a producirla más barata y a distribuirla y aplicarla en mejores condiciones, serán los más fuertes y prósperos.

En España disponemos de grandes recursos naturales para producir energía eléctrica, abundante y barata: el agua de nuestros ríos, con grandes desniveles, y el carbón de nuestras cuencas. Pero es preciso hacer un estudio detenido y sereno de interconexión de estas fuentes de energía para que se ayuden mutuamente y se completen en la consecución del fin primordial que se persigue, o sea, el de poder contar en los lugares de mayor consumo con esta energía a muy bajo precio (2). Otros países, con menos recursos naturales, lo han logrado.

---

(1) Estos aceros substituyen con ventaja a los aceros cementados. Las fábricas de Krupp, de Essen (Alemania), han hecho numerosos ensayos, hasta llegar al éxito. El procedimiento consiste en someter a los aceros, de una composición especial (generalmente suelen tener 1,50 % de cromo, 1 % de aluminio y algo de molibdeno), a la acción de una atmósfera de nitrógeno a la temperatura de 510° C durante 90 horas, con lo cual se consigue un endurecimiento de su superficie muchísimo mayor que el obtenido por cementación y temple. El espesor de la capa endurecida por la nitruración puede ser de 0,1 mm. hasta un milímetro. Los vértices de los ángulos de las piezas nitruradas cortan el vidrio con facilidad y rayan hasta el cuarzo, cuya dureza corresponde al número 7 de la escala de Mohs. Las piezas nitruradas son inatacables en absoluto por las limas más duras. Su cifra de dureza, medida con el aparato Wickers, es de 1.100 a 1.200: la de un acero bien cementado y templado es sólo de 800 a 850.

(1) En España poseemos criaderos de cobalto (y también de cromo), y hace pocos años se instaló en las cercanías de Pola de Gordón una fábrica de beneficio de minerales de esta clase, que empleaba el sistema patentado por el Ingeniero de Minas español señor Angoloti, que consiste en un proceso electro-químico-mecánico, pero no sabemos por qué causa esta fábrica se halla parada en la actualidad. La explotación del cobalto sería muy interesante en nuestro país. El cobalto del Canadá, exportado a Europa, se paga de tres a cuatro dólares la libra de 453, 6 gramos.

(2) El ilustre electrotécnico R. P. José A. Pérez del Pulgar, de imborrable memoria, que en unión del distinguido ingeniero industrial don Jaime Mac-Veigh han representado a España en la «Conferencia Mundial de la Energía», celebrada en Viena en 1938, presentó a dicha Conferencia unos importantísimos trabajos sobre las disponibilidades térmicas e industriales de España hasta 1934: sobre la electrificación de los ferrocarriles españoles; un plano de España, en el que figuran las centrales mayores de 400 kilovatios, líneas de transporte construídas y proyectadas, cuencas carboníferas, etc.; un plano pluviométrico de España; datos estadísticos de centrales españolas; un plano de la producción de energía eléctrica; un cuadro

Las construcciones eléctricas constituyen un problema español íntimamente relacionado con el de nuestro desarrollo y progreso siderúrgico. Los elementos principales de estas construcciones son los aceros especiales, el cobre electrolítico, ciertas aleaciones metálicas, etc. Ya hemos visto, anteriormente, el importante tonelaje de *cobre sin manufacturar* que se exporta anualmente y que debiera ser totalmente refinado en nuestra nación.

El R. P. José A. Pérez del Pulgar, que tan atento estuvo siempre a todos los problemas fundamentales de España, publicó hace algún tiempo en la revista *Madrid, Científico* un artículo titulado «Una dificultad típica para la organización y la dirección de las industrias de España». Discurriendo sobre la causa de que no se hayan implantado en España fábricas de construcciones electro-mecánicas análogas a las alemanas, por ejemplo, dice que «estas causas se han atribuído a falta de cerebros organizadores, de espíritus directores capaces de comunicar a masas inmensas de hombres el poderoso aliento vital de que ellos están animados.» Organizadores a lo Ford, Westinghouse, Siemens y tantos otros. «Muchas veces he pensado en este problema —añade el P. Pérez del Pulgar—, sobre todo cuando ante la afirmación rotunda hecha por algún industrial extranjero de que *en España jamás existirá la industria verdadera, la industria de construcción electromecánica*, he tenido que bajar la cabeza ante los hechos...» El P. Pérez del Pulgar, inquiriendo las causas de estos hechos, llega a la conclusión de que «lo que necesitamos no son hombres capaces de organizar y de dirigir, sino *hombres capaces de ser dirigidos* y de entrar espontáneamente y con buen rendimiento en una organización. No hay nadie capaz de dirigir a una multitud de hombres incapaces de ser dirigidos».

No obstante, nosotros creemos que todo ello obedece a una falta absoluta de disciplina social, y que cuando España reorganice su vida, inteligentemente, haciendo una distribución más sabia y equitativa de los valores de la iniciativas individuales, surgirán los grandes directores de industria que sabrán organizar y disciplinar a sus masas de obreros y obtener de ellos el gran rendimiento potencial que atesoran.

El marino español e ingeniero don Antonio Azarola publicó en la *Revista de Marina* (agosto 1929) un trabajo titulado «Nacionalización de las industrias de construcciones eléctricas», en el que se mencionan algunos datos de verdadero interés y se hacen consideraciones atinadas que invitan a la reflexión: «El Ministerio de Fomento —dice Azarola— ha publicado datos estadísticos muy completos de las centrales de energía existentes por provincias, y a la vista de esos datos, haciendo un cómputo por caballo instalado, de material correspondiente a producción, transporte y utilización, se viene a la conclusión de que no bajarán seguramente de *mil millones de pesetas* las pagadas a las fábricas extranjeras. Repetimos que esta evaluación es arbitraria, y que únicamente se expresa que será una cifra de este orden, cien millones más o cien millones menos, la que el ciudadano contribuyente español ha vertido al extranjero, porque en España se construye una cantidad muy pequeña de material y de clases y potencias muy restringidas. Y decimos se *construye* por ganas de decirlo, porque la realidad es que no se construye si no que se *arman*, se *combinan*, se *acoplan* elementos de construcción que vienen fabricados del extranjero.

En Cataluña existen algunas instalaciones de este género (no las llamaremos fábricas por el motivo antedicho) dedicadas a estos trabajos, especialmente en motores asíncronos sin colector, transformadores estáticos, alternadores de pequeña potencia y frecuencia industrial, etc. La «Siemens-Schuckert-Industria Eléctrica» (que es la más importante), es una relativamente pequeña sucursal de Berlín, con medios escasos y herramental incompleto, porque, naturalmente, según confesión propia, no puede construir relativamente barato unidades de cierto tamaño. Otras, todas, repetimos, de pequeña importancia, hacen esfuerzos laudables por producir, pero sin éxito, por la competencia extranjera. Citaremos especialmente la sucursal de «Pirelli», de cablería, en Villanueva y Geltrú, y como industrias accesorias las porcelanas de la antigua «Berenguer y Compañía», hoy transformada en Sociedad Anónima. En cuanto a las fábricas de lámparas traen de fuera el filamento de tungsteno u otros principales elementos constitutivos. «Diremos que en España se fabricará cuando el vidrio y el cristal de todas clases, desde el que sirve de dieléctrico a un condensador, el que sirve de espejo a un proyector, o el que absorbe los rayos ultraviolados de un arco voltaico, sea elaborado en España con arcillas españolas. Cuando la mica y todo el conjunto de materias aisladoras de que ellas se derivan se saque de canteras españolas. Cuando el cobre de *nuestro* Riotinto se trefile en Huelva y cuando, por último, para no cansar, un laboratorio instalado en Bilbao determine las dosis necesarias de silicio u otros elementos adecuados que haya que asociar a sus hierros (una vez contenida su salida en bruto para Inglaterra y otros puntos) para que el coeficiente de Steinmetz, que, como sabemos, define la pérdida de energía por calentamiento de histéresis sea mínimo, el menor de los conocidos y haga que nuestros hierros, en manos del genio vizcaíno, sirvan, en general, para algo más que para fabricar carriles y armaduras de edificios.» «Ha de ser lenta y difícil la nacionalización, por tratarse de las industrias, digámoslo así, más selectas, en las que más interviene el ingenio humano, las que requieren la intervención de los medios más exquisitos y de las más exquisitas inteligencias. Pero al mismo tiempo las que más directamente determinan la cotización del valor intelectual de la nación y de la raza.» «... Dejando aparte unas dínamos-generatrices de la «Siemens-Schuckert-Industria Eléctrica» de fabricación seudonacional, y recientemente unas bombas y ventiladores de la misma casa la casi totalidad del material eléctrico

---

estadístico de las disponibilidades hidro-eléctricas nacionales, y un plano de la Red eléctrica y centrales construídas en España y en la Zona de Marruecos. Estos notables estudios, a los que se dedicó durante muchos años el R. P. Pérez del Pulgar, resumen el estado actual de la producción de la energía eléctrica en España y sus posibilidades para el porvenir.

El R. P. Rafael Mariño, también de la Compañía de Jesús, e Ingeniero de Caminos, publicó en el número 16 (nov. 1938) de la revista *Metalurgia y Electricidad* un interesante trabajo titulado «Sobre el problema de la energía térmica en España», en el que hace un estudio muy detenido de las disponibilidades hidro-eléctricas de los ríos españoles, llegando a las siguientes conclusiones: de que durante dos tercios aproximadamente de un año seco habrá un déficit de energía, al cabo del año, de más del 40 %; que este gran déficit no podría ser suplido más que con la energía térmica, y que la intensificación de los riegos debe traer consigo un gran desarrollo de las centrales térmicas en España, *cuya potencia total deberá sobrepasar a la mitad de la potencia total de las centrales de la red nacional.*

de los buques durante estos veinte años, se ha importado del extranjero.» «Y ¿de qué independencia podemos blasonar hoy si, por ejemplo, los motores eléctricos de propulsión en profundidad, de nuestros submarinos, el arma de los débiles, los tenemos que importar de los Estados Unidos?»

Tales son los principales problemas planteados actualmente en España en las dos importantísimas ramas industriales de las producciones metalúrgicas y eléctricas.

II

LAS SOLUCIONES

Por la exposición, un poco descarnada, realista, como se dice ahora, y algo tajante —como exige el estilo de la nueva España— de los problemas que tenemos planteados en las producciones metalúrgicas y eléctricas, se deduce claramente la urgente necesidad de un estudio de coordinación de todos los elementos que la integran, para caminar, con paso firme y decidido, hacia una solución autárquica de estas producciones.

En primer término se hace necesario concentrar una atención serena, preferente y despierta, sobre el problema de los combustibles sólidos de España. Va en ello la resolución más adecuada y conveniente del magno problema de la obtención de energía abundante y barata, que complemente los déficits y las irregularidades que inevitablemente presenta la energía hidroeléctrica. Este problema es fundamental, como ya se ha visto, para el futuro desarrollo de la Electrometalurgia nacional.

Teniendo en cuenta el emplazamiento de los criaderos ferríferos y metalíferos españoles, que han de utilizar esta energía, y el de las instalaciones fabriles consumidoras de mayor importancia, debe darse preferencia en este estudio a los yacimientos carboníferos mejor situados para este abastecimiento. Deben fijarse, ya, rápidamente, los lugares más convenientes para la instalación de super-centrales de energía termo-eléctrica, e invitar a los capitalistas españoles a interesarse en este asunto, facilitándoseles su implantación, con rebajas arancelarias y contributivas, etc. Naturalmente, sería preferible que las mismas sociedades hidro-eléctricas se interesaran directamente en la implantación de estas super-centrales. En todo caso, el Estado debe orientar en cada momento sus esfuerzos a que se cumplan por todos las condiciones técnico-económicas indispensables para llegar al fin supremo de dotar a España, en un plazo, el más corto posible, de energía abundante y a bajo precio (1). Al propio tiempo, el Estado debe estimular a los productores hulleros a que fabriquen buenas calidades de coque, estableciendo premios especiales, exenciones de tributos u otras formas de estímulos que se juzguen más eficaces. Sería muy interesante estudiar e investigar en cada distrito carbonífero aquellas capas de hulla que reúnan mejores condiciones para la fabricación de buen coque, y a ser posible, explotar estas capas independientemente. También deben ser estudiados con el mayor cuidado los tipos de hornos más convenientes para obtener una buena coquización en vista de la calidad de los carbones que han de ser empleados. La Administración de Minas no debe permitir las nuevas instalaciones de hornos de esta clase que, a juicio de sus técnicos oficiales, no reúnan las condiciones indispensables.

La importación del coque debe irse restringiendo paulatinamente hasta llegar a su completa prohibición, en el plazo más rápido posible.

La producción carbonífera debe ser reorganizada a base de un mejor rendimiento económico, tanto en la explotación propiamente dicha, como en su preparación y lavado, y en su transporte hasta las vías generales ferroviarias. El Estado debe fomentar el aumento de esta producción por los medios más eficientes (tarifas aduaneras, etc.), no sólo para cubrir las necesidades de nuestro consumo nacional, sino también para poder disponer de un tonelaje de cierta importancia destinado a la exportación. Esta debiera ser vigilada cuidadosamente por una policía especial que no permitiera el envío al extranjero de carbones de inferior calidad o mal lavados. Por el contrario, debemos exportar carbones superiores de todas clases para poder demostrar a los mercados extraños lo infundado de la antigua y compleja campaña insidiosa y malévola de ciertos productores e intermediarios extranjeros y nacionales contra los carbones españoles.

---

(1) Las turbinas de vapor acopladas a los alternadores en grupos de 30 a 50 mil kilovatios producen la energía termo-eléctrica a un precio muy reducido, sólo comparable al de las excepcionales instalaciones hidráulicas de Noruega.

Este importante asunto de la energía barata, en el que tanto insistimos, le ha sugerido al distinguido siderurgista señor Fernández Miranda las siguientes consideraciones: «Tenemos la convicción firmísima de que para nosotros no hay más camino que seguir que este de las grandes centrales térmicas a base de aprovechar en las mismas cuencas hulleras o lignitíferas pobres carbones invendibles, que sometidos a una utilización integral de subproductos y gas combustible, darían cuantiosos beneficios, constituyendo el único aprovechamiento racional de extensas concesiones carboníferas que hoy permanecen inactivas.

Causa asombro pensar en el desarrollo industrial que el país obtendría si el Estado fomentara estas aspiraciones, ya del dominio público, por lo evidente de su conveniencia, encauzando hacia ellas los esfuerzos que se malogran en otras empresas para las que por una suprema razón, que no todos comprenden, se vuelcan las arcas del tesoro nacional año tras año.»

El R. P. José A. Pérez del Pulgar, abundaba también en las mismas ideas y ha escrito meritísimos trabajos en el mismo sentido.

Pueden consultarse, entre otros, los siguientes: «La cooperación de la técnica alemana en la explotación de los carbones españoles de escasa potencia calorífica por combustión directa. I. La energía abundante y barata es un artículo de necesidad para la industria.—II. La energía disponible actualmente en España no es ni abundante ni barata.—III. La combustión directa de los carbones de escasa potencia calorífica podría dotar a España de una gran cantidad de energía barata.—IV. España dispone de combustible en abundancia.—V. Dificultades que se oponen a la obtención económica de esta energía.—VI. Las consecuencias de la guerra han obligado a Alemania a resolver estos mismos problemas.—VII. Conclusión». (Conferencia pronunciada en el Centro de Intercambio intelectual germano-español, de Madrid, en el año 1927. *Revista Industrial Minera Asturiana*, números 305-306 y 307.)

«El problema de la producción y distribución de la energía eléctrica en España». (Conferencia dada por el R. P. José A. Pérez del Pulgar, en la Asociación de Ingenieros Industriales de Bilbao, el 12 de marzo de 1828. Revista *Industrial Minera Asturiana*, núm. 310.)

«Aprovechamiento termo-eléctrico de los carbones de bajo precio y aplicaciones que podrían darse en las cuencas hulleras para la producción de energía económica». (Conferencia dada en el Centro Diocesano de Oviedo, el 31 de octubre de 1928. *Revista Industrial Minera Asturiana*, núm. 325.)

En España existen yacimientos carboníferos situados en lugares privilegiados, como, por ejemplo, los descubiertos recientemente en Gijón, que reúnen las mejores condiciones para la exportación. Los estudios efectuados hasta ahora en estos yacimientos permo-hulleros hacen concebir grandes esperanzas respecto a su riqueza, pues sus pliegues sinclinales parecen hundirse hasta los 2.000 metros de profundidad y las capas de carbón cortadas en los primeros trabajos son de excelente potencia y calidad. Revestiría un gran interés nacional terminar el estudio de esta cuenca por medio de nuevos sondeos, que podrían ser ejecutados por el Estado, de cuyo costo podría reintegrarse poniendo en práctica lo que ha hecho recientemente el Gobierno de Holanda, en la «Campine del Sur de Limburgo»: imponiendo a los concesionarios beneficiados un tributo equitativo sobre los *beneficios* de sus explotaciones durante el tiempo necesario, hasta cubrir dichos gastos.

Para abastecer la zona de levante española, en la que se hallan emplazadas las importantes fábricas de la Siderúrgica del Mediterráneo, y las de Cataluña sería muy interesante un estudio detenido de los yacimientos carboníferos de la provincia de Cuenca, a fin de conocer lo más exactamente posible sus posibilidades. Nuevos sondeos en el valle del Guadalquivir en las inmediaciones de los afloramientos hulleros de Villanueva de las Minas, por ejemplo, o en otros lugares del mismo valle, que se juzguen apropiados, serían también muy interesantes, pues el descubrimiento de una buena cuenca carbonífera en esta región pudiera constituir un excelente centro de abastecimiento por mar para todo el litoral levantino español y para la industrialización del valle bético.

Igualmente, los yacimientos carboníferos del oriente de Burgos revestirían un particularísimo interés para el abastecimiento de la red ferroviaria del Norte de España, e instalación de una super-central termo-eléctrica para nutrir y completar los déficits a las redes hidroeléctricas de la misma región, y tal vez con el tiempo, una vez construído el ferrocarril Santander-Burgos-Mediterráneo, el carbón de esta cuenca pudiera ser distribuído, con tarifas económicas, a los centros de consumo, tanto del Cantábrico modo del Mediterráneo.

Sería muy conveniente, a nuestro juicio, la constitución de una Junta para el estudio de estas cuestiones fundamentales de las fuentes de energía, a fin de formar un plan, bien meditado, de las reformas, proyectos y orientaciones necesarias para la reconstrucción nacional. Podría denominarse, por ejemplo, «Junta Nacional de la Energía», y debiera estar constituída por escaso número de personas, de bien probada competencia y ferviente patriotismo.

En tanto que se lleva a cabo el estudio del plan más conveniente para llegar a producir en España energía abundante y a bajo precio, el Estado debe tomar las providencias necesarias para que las mejores menas de hierro españolas, por ejemplo, los carbonatos vizcaínos, no sigan dilapidándose en la forma ciega e inconsciente con que se ha venido haciendo hasta hoy.

El distinguido Ingeniero de Minas don Agustín Marín y Beltrán de Lis, en una conferencia que dió en el mes de diciembre del año 1938 en el Ministerio de Industria y Comercio a los Agregados Comerciales, les dijo, entre otras muchas cosas interesantes y de provechoso conocimiento, las siguientes elocuentes palabras: «En el armazón metálico de nuestro subsuelo ocupa el primer lugar el mineral de hierro, y creo que en él habrá que considerar uno de los principales pilares en que se tendrá que apoyar toda la organización del comercio exterior de nuestro país.»

En efecto, aunque en España se nos vayan agotando los ricos yacimientos vizcaínos, existen excelentes criaderos ferríferos, aún no explotados, y muchos deficientemente explorados, en Granada, Almería, Guadalajara, Teruel, Santander, Asturias, Galicia, Melilla, etc.

En el Congreso Geológico de Estocolmo del año 1910, se nos asignaron unas reservas de 700 millones de toneladas de minerales de hierro, pero estas reservas sólo pueden ser tomadas como un límite inferior a este tonelaje, que en realidad es de mucha mayor importancia.

Son particularmente interesantes los criaderos ferríferos del devoniano inferior de Asturias, León y Galicia, que contienen inmensos tonelajes, y que, aunque en la actualidad son todavía poco explotados a causa de su calidad silícea, el problema tecnológico de su beneficio puede considerarse ya resuelto. Su riqueza en hierro varía de 32 a 42 %, los más pobres, y de 50 a 52 % los más ricos. Su tanto por ciento en sílice es de 14 a 18. Los hornos altos de Mieres han fundido exclusivamente mineral devoniano cuando su precio y el del carbón permitían tratarle con ventaja sobre el mineral de Bilbao. «Serán sorprendentes, sin duda alguna —dice el señor Fernández Miranda en su obra *La Industria Siderúrgica en España*—, los resultados que se obtengan cuando se haga el tratamiento en un horno de perfil y capacidad adaptados a la larga permanencia en él, sobre todo en su tercio medio, donde radica la mayor actividad reductora que requieren los minerales devonianos, etc.»

En Francia, el Comité de Forjas y la Asociación Minera del Este han hecho pruebas con minerales análogos a los asturianos, de 41 % de hierro y 21 % de silicio, llegando a conseguir un mineral de 49 % de hierro y 9 % de sílice. En Norteamérica se emplea el procedimiento «Sintering» para la utilización de minerales pobres, y en Alemania se utilizan ya, con éxito, con el procedimiento Krupp-Gruson y otros, minerales ¡hasta de 20 % de hierro!

Es este uno de los problemas más importantes que hay planteados en Asturias, de verdadero interés nacional, y que debe de ser resuelto, de una manera satisfactoria, antes de que lleguen al agotamiento los minerales vizcaínos, a fin de que estas ricas menas sean inmediatamente substituídas, sin merma de los productos siderúrgicos, que cada día deben ser más afinados. Los procedimientos electro-siderúrgicos, cuando contemos con energía en condiciones económicas, serán quizá los que aporten una contribución más eficaz y decisiva.

Desde luego, la exportación de los minerales vizcaínos debe ser prohibida en absoluto, y únicamente será autorizada la exportación del tonelaje correspondiente al consumo nacional, o sea, del que ha de ser aquí beneficiado, pudiendo autorizarse la exportación de una parte del lingote producido, en tanto que se estudian los medios de que este lingote sea convertido íntegramente en acero nacional, para nuestras construcciones.

No debe ser permitida la erección de nuevos altos hornos de una capacidad inferior a la que requiere un buen rendimiento económico de los mismos.

El Estado debe estimular por medio de concursos, para sus necesidades de guerra o de paz, la fabricación de aceros especiales, a fin de que vayan substituyendo gradualmente y en el menor tiempo posible a los aceros extranjeros. Para ello debe facilitar en todo momento a las fábricas nacionales que pongan un empeño más tenaz y decidido en este asunto los medios necesarios para llegar a este fin.

Debe hacerse un estudio detenido de aquellas empresas industriales que se hallen actualmente en mejores condiciones de emplazamiento, y cuenten con elementos más modernos y apropiados, para ir desenvolviendo progresivamente y mejorando sus fabricaciones. Asimismo, debe facilitarse y estimularse la instalación de los laboratorios de investigación y pruebas físicas y mecánicas más perfeccionados, a fin de que en todas las fábricas metalúrgicas y siderúrgicas se hagan continuamente análisis químicos, corrientes, y por los modernísimos físico-químicos de la Espectrografía, colorimetría, efecto Raman, etc.

Los minerales de cobre, que van escaseando en España y que cada día tienen más aplicaciones, no deben ser exportados, así como tampoco los cobres, ni manufacturas, que, como hemos visto anteriormente, se llevan a refinar y trefilar al extranjero. Es bien sabido que las minas de cobre de Ríotinto, las mejores de Europa en otro tiempo, fueron explotadas por el Estado español, el cual las malvendió, en propiedad, hace algunos años, en 99 millones de pesetas, a una Sociedad inglesa. Hoy estas minas han sido substituídas por las de Rhodesia, cuyas magníficas instalaciones han sido costeadas con una parte de los cuantiosos beneficios que las minas españolas han producido.

Nunca se preocupó el Estado español del buen aprovechamiento de su riqueza minera.

Con los minerales de estaño, tan escasos en el mundo, y de cuyo metal importamos un crecido tonelaje, como ya hemos visto, ocurre algo singular. Tenemos criaderos interesantes en relación con el wolfram, en los terrenos arcaicos de Galicia, Salamanca y Murcia, y, sin embargo, no se ha logrado formar una explotación seria de este riquísimo mineral.

Con otros minerales que hoy son muy utilizados en la fabricación de los aceros especiales, y que hemos citado anteriormente, como el manganeso, tungsteno, cromo, etc., sucede algo parecido.

El estudio técnico y económico de todos estos problemas planteados en España en estas ramas tan importantes de la metalurgia y de la electricidad, corresponden a los ingenieros de minas, artilleros e ingenieros industriales. Sería de desear una compenetración más íntima entre todos estos elementos técnicos que tienen tantos problemas comunes a resolver.

Desde luego, la formación de los nuevos impulsores de la metalurgia nacional debe hacerse en condiciones de ambiente y sistemas de enseñanza diferentes.

Una Escuela de Ingenieros de Minas y Metalúrgicos debe ser fundada en una ciudad industrial y minera del Norte de España, y ninguna reúne condiciones más apropiadas que la ciudad de Gijón. En la enseñanza deben introducirse profundas modificaciones, haciéndose de carácter más experimental, con buenos laboratorios de todas clases, y excursiones frecuentes a minas y fábricas metalúrgicas. Para las cátedras de Metalurgia General y Siderurgia, y Metalurgia de los metales distintos del hierro, deben traerse dos profesores extranjeros de reconocida competencia.

Los artilleros y los ingenieros, especialmente los de Minas, y los Industriales, deben colaborar juntos en las fábricas metalúrgicas y siderúrgicas cívico-militares, que será necesario organizar para la defensa de España.

El Estado debe estimular y proteger, por todos los medios, las construcciones electro-mecánicas en nuestra nación, a fin de ir emancipándonos de la fabricación extranjera que tantos millones nos cuesta anualmente, como hemos visto en los datos estadísticos anteriormente expuestos. En España tenemos una institución docente privada modelo en su género, que cuenta con un profesorado excelente y perfectamente preparado: nos referimos al Instituto Católico de Artes e Industrias, del paseo de Areneros, de Madrid, que posee unos magníficos talleres modernos electromecánicos, en los cuales han recibido una buena enseñanza teórica y práctica muchos obreros y jóvenes de la clase media española.

Para el estudio y orientación de todas estas importantísimas cuestiones, tan complejas, puesto que abarcan desde la prospección minera, los métodos de beneficio de los minerales, la termometalurgia y electrosiderurgia, producción y distribución de la energía, enseñanza y la construcción de maquinaria eléctrica, creemos también indispensable la constitución de una Junta de personalidades competentes, bien escogidas y, desde luego, en pequeño número, que podría titularse «Junta de las producciones metalúrgicas y eléctricas».

Para que España pueda reconquistar su prestigio y su grandeza, para que la voz de España se oiga en el mundo con respeto, es necesario que reorganicemos por completo nuestra vida industrial y económica.

Y en esta reorganización juegan un papel importantísimo, verdaderamente fundamental, las producciones metalúrgicas y eléctricas.

Preparémonos, pues, a mantener una España en tensión. una España en pie, despierta y vigilante, dura y fuerte, templada, como el acero, dispuesta a reaccionar vivamente contra injerencias y mediatizaciones extrañas.

Abril 1950.

No se suscitan observaciones sobre estos trabajos, y se levanta la sesión a las ocho y cuarenta minutos.

SECCIÓN 4.ª

II CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA
(28 de mayo a 3 de junio de 1950)

ACTA DE LA SESIÓN CELEBRADA EL DÍA 30 DE MAYO DE 1950

Se abre la sesión a las cuatro de la tarde, bajo la presidencia del Excmo. Sr. D. Emilio González Llana, Ingeniero de Minas, asistido del Ilmo. Sr. D. Amador Villar Marín, Ingeniero de Armas Navales, y de D. Juan Pagola Bireben, Ingeniero Industrial.

El señor Presidente pide al señor Secretario lea la Ponencia que a continuación se reproduce:

N.º 300. - La minería española y su influencia en los Tratados Internacionales de Comercio

Autor: D. ANDRES HERRERO ESPAÑA
Ingeniero de Minas

Se sabe que las industrias mineras, por ser las que proporcionan las primeras materias para todas las demás, son básicas de la economía mundial, y de ahí que todos los países, desde los tiempos más remotos hasta nuestros días, han buscado proveerse siempre de productos mineros.

Sin ellas no hay Estado grande, por importantes que sean las demás riquezas naturales, como la Agricultura, la Pesca, etc. Esta es la razón de que no exista paralelo entre los países sudamericanos y los Estados Unidos de la América del Norte, ni entre Inglaterra y Suecia o Noruega, siendo efecto de la misma causa el hecho de que el poderío de la Rusia de los Zares, no obstante poseer el vasto y fértil suelo de Ucrania, fuera muy inferior al de la actual Rusia Soviética, entregada a la explotación intensiva de su variado y rico subsuelo.

Confirma, además, lo dicho la circunstancia de que la mayor parte de las guerras de la Historia, así como los grandes descubrimientos geográficos, se hicieron con el fin de adquirir sustancias minerales: primero, los metales preciosos; después, el hierro y el carbón, y por fin, el petróleo, el volframio, el níquel, etcétera.

De ahí, por tanto, que todo país minero haya sido siempre codiciado por los demás, que, o le han absorbido, si era limítrofe con un Estado poderoso, o le han explotado, conservando, aparentemente, su soberanía, pero entregando sus productos mineros a Empresas extranjeras.

Tal ha sido el caso de España, en que sus principales minas están en manos de extranjeros, debido también a que la Ley del año 1868, con su criterio liberal, cosa necesaria en aquellos tiempos para dar vida a una industria de tanto riesgo como la minera, al dar facilidades sin cuento a los denunciadores de minas, hizo que éstas pasaran a propiedad de extranjeros, tanto más cuanto que por hallarse nuestras industrias transformadoras muy retrasadas respecto a las extranjeras, eran pocos los que conocían el valor de lo que cedíamos, y muchos incautos creían que al vender en exportación nuestros productos mineros, hacíamos un espléndido negocio, olvidándose de que estábamos hipotecando la riqueza de nuestra Patria. Tal es el caso, entre otros, de las minas de Bilbao, de las cuales se ha exportado en algunos años siete millones y medio de toneladas de minerales muy ricos en hierro, que han ido a enriquecer los lechos de fusión de los altos hornos de los países más industriales, permitiendo así a éstos el aprovechamiento de sus minerales indígenas pobres y, por tanto, poniéndolos en condiciones de desarrollar ampliamente una industria metalúrgica, primero, y manufacturera, después. Tal ha ocurrido con las exportaciones de nuestros hierros a Inglaterra y Alemania.

Lo propio ha sucedido con nuestras piritas, en manos todas de Compañías extranjeras; con nuestro mercurio, que si bien la mina más importante del mundo, Almadén, es propiedad del Estado, la venta de sus productos ha estado hasta hace pocos

años intervenida por el extranjero; las sales potásicas, también, más o menos, en manos del «kartel» internacional; el cinc, en poder de la Compañía Asturiana de Minas, Empresa belga; el plomo, en su mayor parte gobernado por la Sociedad Minero Metalúrgica de Peñarroya, con capital francés, y, por último, el espato flúor y volframio, en el que también han intervenido activamente los extranjeros.

Puede decirse, pues, que todas nuestras sustancias mineras han sido objeto de codicia por parte de los extranjeros, salvo el carbón, porque nuestros yacimientos son pobres, de difícil y costosa explotación, y en cambio, los países industriales los han tenido espléndidos, y, por tanto, no precisaban de los combustibles españoles.

La Ley de Minas recientemente promulgada por el Gobierno Nacional, ha puesto coto, en la medida de lo posible, no a lo ya hecho, que era irremediable, sino a lo por realizar, procurando, cuando menos, evitar esa sangría de materias primas necesarias para la industrialización de todo país.

Reflexiones sobre el hecho de que si España desarrollara en el debido grado su industria minera podría convertirse rápidamente en potencia de indiscutible importancia internacional, pues la explotación racional y ordenada de sus yacimientos tendría como consecuencia inmediata el perfeccionamiento de sus medios de transporte; permitiría concertar ventajosos tratados comerciales; mejoraría la cotización de su moneda; su población crecería en el mismo ritmo que se desarrollara su industrialización, y se hallaría, finalmente, en condiciones de tener fuerzas armadas, tanto de Tierra, como de Mar y Aire, proporcionadas a la importancia estratégica de la Península Ibérica.

Esta y no otra es la ambiciosa meta a que se debe llegar, para lo cual el paso inicial, a semejanza de lo hecho en otros países, no es otro que desarrollar progresiva y ordenadamente la Minería y la Metalurgia.

Por todo ello, es indudable que la influencia de la Minería española en los tratados internacionales sea preponderante, pues si en productos agrícolas cabe elegir éste u otro mercado, en los productos mineros el número de seleccionados es mucho menor. En España, en ciertos productos, como son, por ejemplo, el mercurio, las piritas y las sales potásicas, podemos decir que tenemos la clave de casi todos los tratados comerciales que puedan concertarse, ya que, fuera de nuestro país, es difícil proveerse de dichos productos, tan interesantes para la vida industrial, en condiciones tan económicas como en España, por una parte, y por otra, son contadas las naciones que cuentan con estos recursos naturales en la cantidad y calidad con que contamos los españoles.

Por ello el presente trabajo pretende deducir con la elocuencia de unas cifras a la vista, varias conclusiones importantes, recalcando las modalidades que en cada caso tiene la importación o la exportación, los países a los que principalmente se envían o aquéllos de los que se importan y comparando estas actividades con otras de la vida nacional, para deducir consecuencias lógicas con respecto a la importancia de la Minería.

Para el buen orden de estos trabajos, empezaremos por señalar algunas cifras de producción correspondientes a los años anteriores a 1936, dejando sin hacer referencia a los años de nuestra guerra de liberación y también a los de 1939-40-41, ya que el país, después de una guerra civil tan intensa, con sus medios de producción casi todos destruídos, no pudo producir más que cantidades que no reflejarían en modo alguno la vitalidad de España en el ramo minero-metalúrgico.

Por ello, nuestras consideraciones principales empiezan en el año 1942 y abarcan hasta el 1948 inclusive, y se contraen a dos partidas arancelarias, que son las que figuran en la clase I, que trata de minerales, materias térreas y sus derivados, y la clase IV, que se refiere a metales y sus manufacturas.

Dentro de cada una distinguimos la exportación de la importación, y a su vez, en cada concepto de exportación e importación, hacemos las consideraciones del tonelaje por un lado y el valor, en pesetas oro, por otro, en las clases I y IV del Arancel, por los países a que se contrae y por los artículos principalmente exportados e importados.

Para mayor objetividad e imparcialidad en nuestro trabajo nos hemos servido principalmente de los datos que figuran en la publicación oficial de la Dirección General de Aduanas, titulada «Estadística del Comercio Exterior de España», y completado con datos de producción tomados de las Secciones de Dirección General de Minas.

PRODUCCIONES DE CARBÓN EN LOS AÑOS QUE SE INDICAN

	1930 — *Toneladas*	1931 — *Toneladas*	1932 — *Toneladas*	1933 — *Toneladas*	1934 — *Toneladas*	1935 — *Toneladas*	1936 — *Toneladas*
Antracita	605.024	575.909	636.932	572.734	686.358	696.298	373.363
Hulla	6.577.133	6.537.033	6.272.750	5.422.179	5.339.995	6.331.939	2.959.313
Lignito	379.976	353.091	346.201	290.129	284.836	311.734	215.919
Total	7.562.133	7.466.033	7.255.883	6.285.042	6.311.189	7.339.971	3.548.595

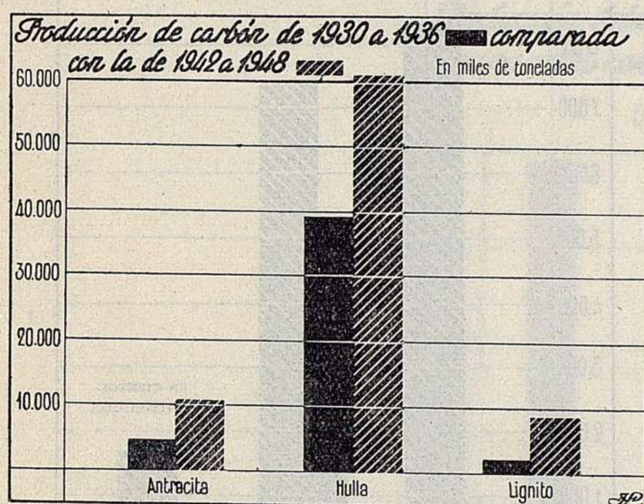
	1942 — *Toneladas*	1943 — *Toneladas*	1944 — *Toneladas*	1945 — *Toneladas*	1946 — *Toneladas*	1947 — *Toneladas*	1948 — *Toneladas*
Antracita	1.277.697	1.277.697	1.547.784	1.601.881	1.500.229	1.426.780	1.459.176
Hulla	8.028.929	8.412.850	8.899.596	9.032.987	9.184.403	9.061.937	8.964.313
Lignito	1.140.847	1.161.983	1.208.714	1.341.800	1.335.868	1.275.294	1.398.402
Total	10.447.473	10.833.602	11.656.094	11.976.668	12.020.500	11.764.011	11.821.891

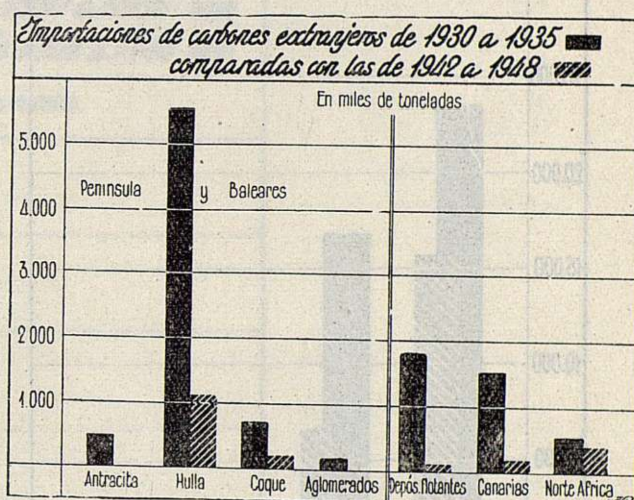
IMPORTACIONES DE CARBONES EXTRANJEROS

	1930 Toneladas	1931 Toneladas	1932 Toneladas	1933 Toneladas	1934 Toneladas	1935 Toneladas
Península y Baleares:						
Antracita	109.022	81.218	73.719	58.775	62.526	57.490
Hulla	1.292.459	1.004.123	721.389	724.486	1.046.667	810.675
Coque	240.710	131.574	75.618	61.171	89.137	69.188
Aglomerados	27.631	17.403	18.104	15.724	22.119	13.700
TOTAL	1.669.822	1.234.318	888.830	859.956	1.220.449	951.053
Depósitos flotantes	360.909	318.563	296.483	279.730	281.626	304.064
Canarias	300.996	288.248	231.631	209.416	192.559	230.450
Norte de África	39.699	11.305	62.905	66.496	162.115	221.431
TOTAL	2.371.426	1.852.434	1.479.849	1.416.048	1.857.149	1.706.998
	33,02 %	26,04 %	21,42 %	23,62 %	30,82 %	24,29 % (1)

(1) Estos tantos por cientos son los de los carbones importados en total en relación a las producciones conjuntas de hulla y antracita.

NOTA.—Debido a las excepcionales circunstancias en que se hicieron las importaciones en los años 36 al 38 inclusive, no hay datos sobre ellas en la Sección.





IMPORTACIONES DE CARBONES EXTRANJEROS

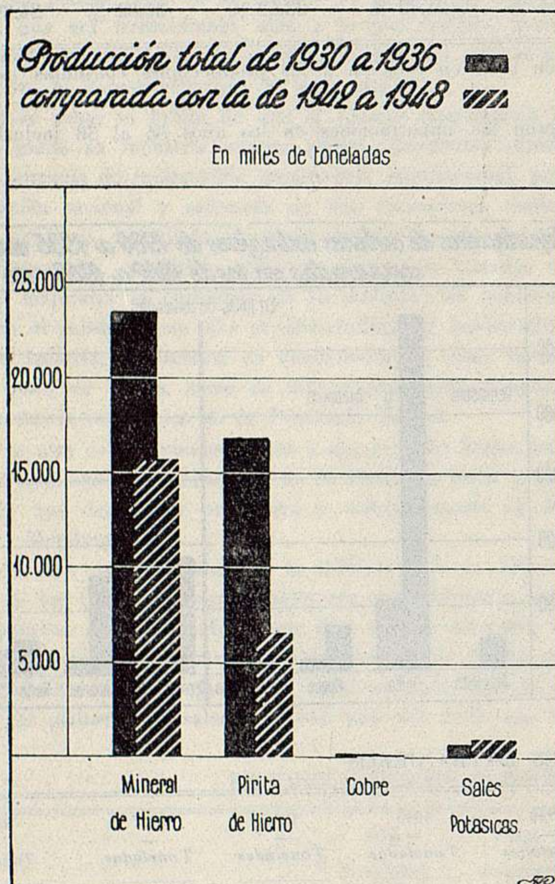
	1942 Toneladas	1943 Toneladas	1944 Toneladas	1945 Toneladas	1946 Toneladas	1947 Toneladas	1948 Toneladas
Península y Baleares:							
Antracita	—	—	—	—	—	—	—
Hulla	112.256	122.295	57.935	62.189	66.774	19.640	671.934
Coque	89.540	67.009	22.834	—	940	—	37.464
Aglomerados	1.890	—	—	—	—	—	6.215
TOTAL	203.686	189.304	80.769	62.189	67.714	19.640	715.613
Depósitos flotantes	35.039	36.079	12.056	5.080	4.470	—	45.938
Canarias	22.283	4.104	17.002	8.922	23.169	74.789	60.883
Norte de África	36.736	32.482	21.296	15.190	—	107.305	192.300
TOTAL	297.744	261.969	141.123	91.381	95.353	201.734	1.014.734
	3,20 %	2,71 %	1,35 %	0,86 %	0,89 %	1,92 %	9,73 % (1)

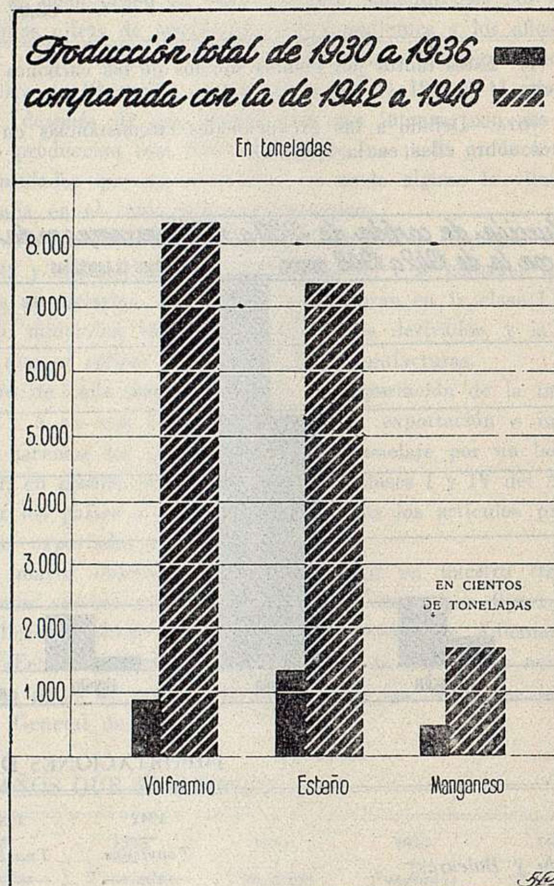
(1) Estos tantos por cientos son los de los carbones importados en total en relación a las producciones conjuntas.

NOTA.—Las importaciones totales realizadas en el año 1949 no se han cifrado aún; pero las recibidas en la Península y Ceuta han sido: hulla, 1.291.800 toneladas, y coque, 90.850 toneladas.

AÑOS	VOLFRAMIO — Kgrs	ESTAÑO — Kgrs.	MANGANESO — Ton.
1930	235.000	277.600	16.819
1931	131.000	248.000	17.916
1932	40.000	113.000	2.591
1933	42.500	75.000	2.834
1934	45.000	108.000	3.796
1935	194.000	160.000	3.857
1936	225.000	299.000	1.676
TOTAL	912.500	1.280.600	49.489

AÑOS	VOLFRAMIO — Kg s.	ESTAÑO — Kgrs.	MANGANESO — Ton.
1942	1.475.470	685.599	22.268
1943	2.986.216	462.849	26.149
1944	2.418.624	1.053.588	30.426
1945	216.000	2.158.830	24.889
1946	304.200	1.774.100	29.589
1947	246.500	574.600	22.428
1948	670.615	588.802	17.971
TOTAL	8.317.625	7.298.368	173.720



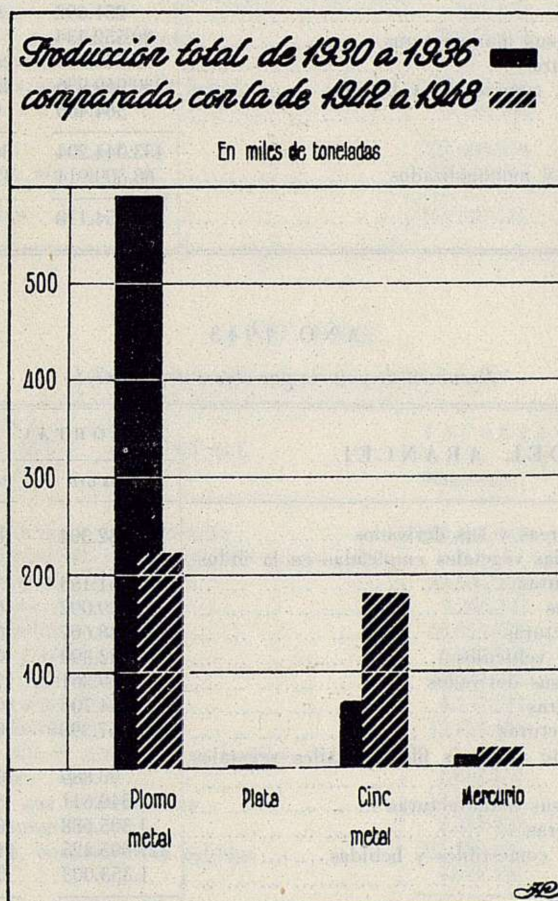


AÑOS	Mineral de hierro — Toneladas	Pirita de hierro — Toneladas	Cobre — Ton.	Sales potásicas Ton.	Sales potásicas K_2O
1930...	5.517.221	3.416.465	12.882	55.147	28.039
1931...	3.336.689	2.750.000	15.383	250.629	28.116
1932...	1.931.653	2.050.000	7.056	409.888	54.811
1933...	2.331.322	2.218.000	8.629	623.941	91.113
1934...	2.918.813	2.041.000	7.463	815.158	131.648
1935...	3.982.760	2.169.000	10.235	776.873	120.566
1936...	3.319.273	1.939.993	8.459	304.505	49.365
TOTAL ...	23.337.731	16.584.458	70.107		503.658

AÑOS	Mineral de hierro — Toneladas	Pirita de hierro — Toneladas	Cobre — Ton.	Sales potásicas Ton.	Sales potásicas K_2O
1942...	2.153.493	627.005	5.865	554.780	91.854
1943...	2.135.442	881.150	7.267	584.608	96.571
1944...	2.199.490	512.249	6.812	648.847	106.967
1945...	1.836.193	899.750	3.439	706.021	121.397
1946...	2.363.552	1.175.976	7.247	793.320	135.479
1947...	2.382.927	1.010.877	5.926	917.865	153.673
1948...	2.498.170	1.242.110	5.044	986.537	151.590
TOTAL ...	15.569.267	6.349.117	41.600		857.531

AÑOS	Plomo metal — Ton.	Plata — Kgrs.	Cinc metal — Toneladas	Mercurio — Ton.
1930 … … … … … … … …	109.500	65.498	10.967	700
1931 … … … … … … … …	100.700	64.762	10.094	715
1932 … … … … … … … …	96.300	62.883	9.505	810
1933 … … … … … … … …	78.200	46.352	8.548	1.215
1934 … … … … … … … …	76.600	42.549	8.181	1.390
1935 … … … … … … … …	69.600	45.664	12.075	1.350
1936 … … … … … … … …	65.389	41.981	5.968	1.050
TOTAL … … … …	596.289	369.689	65.068	7.240

AÑOS	Plomo metal — Ton.	Plata — Kgrs.	Cinc metal — Toneladas	Mercurio — Ton.
1942 … … … … … … … …	32.190	16.852	21.545	1.295
1943 … … … … … … … …	33.011	17.391	27.230	1.297
1944 … … … … … … … …	34.777	18.969	28.442	1.184
1945 … … … … … … … …	26.175	13.925	27.759	1.403
1946 … … … … … … … …	38.447	19.250	25.898	1.441
1947 … … … … … … … …	30.445	16.122	32.598	1.916
1948 … … … … … … … …	27.292	10.125	24.653	782
TOTAL … … … …	222.337	112.634	188.125	9.318



COMERCIO EXTERIOR DE ESPAÑA
(PENÍNSULA E ISLAS BALEARES, CANARIAS, CEUTA Y MELILLA)
CON PAÍSES EXTRANJEROS

AÑO 1942

Resumen de valores por clases del Arancel

CLASES DEL ARANCEL	EXPORTACIÓN		IMPORTACIÓN	
	Pesetas oro	Por 100	Pesetas oro	Por 100
I.—Minerales, materias térreas y sus derivados	35.319.208	7,04	33.324.166	6,41
II.—Maderas y otras materias vegetales empleadas en la industria y sus manufacturas	28.851.421	5,75	4.994.323	0,96
III.—Animales y sus despojos	31.794.559	6,34	9.250.706	4,48
IV.—Metales y sus manufacturas	28.393.334	5,66	23.305.638	4,48
V.—Maquinaria, aparatos y vehículos	1.460.525	0,29	80.683.196	15,51
VI.—Productos químicos y sus derivados	48.278.198	9,64	93.322.216	17,94
VII.—Papel y sus manufacturas	3.610.201	0,72	18.708.302	3,60
VIII.—Algodón y sus manufacturas	1.357.231	0,27	58.595.339	11,27
IX.—Cáñamo, lino, pita, yute y demás fibras textiles vegetales y sus manufacturas	251.692	0,05	9.775.128	1,88
X.—Lanas, crines, pelos y sus manufacturas	20.552.434	4,10	249.409	0,05
XI.—Sedas y sus manufacturas	2.540.999	0,51	7.818.046	1,50
XII.—Productos alimenticios, comestibles y bebidas	230.069.936	43,89	116.736.618	22,45
XIII.—Varios	564.466	0,11	6.973.552	1,34
	433.044.204	86,37	463.736.639	89,17
Artículos de comercio oficial y monopolizados	68.309.914	13,63	56.314.517	10,83
TOTALES	501.354.118	100	520.051.156	100

AÑO 1943

Resumen de valores por clases del Arancel

CLASES DEL ARANCEL	EXPORTACIÓN		IMPORTACIÓN	
	Pesetas oro	Por 100	Pesetas oro	Por 100
I.—Minerales, materias térreas y sus derivados	136.032.394	18,60	33.179.103	3,88
II.—Maderas y otras materias vegetales empleadas en la industria y sus manufacturas	25.761.153	3,52	7.732.545	0,90
III.—Animales y sus despojos	46.739.092	6,39	9.218.785	1,08
IV.—Metales y sus manufacturas	45.238.607	6,18	31.234.334	3,65
V.—Maquinaria, aparatos y vehículos	1.902.390	0,26	116.205.174	13,58
VI.—Productos químicos y sus derivados	53.819.361	7,36	135.628.046	15,85
VII.—Papel y sus manufacturas	4.354.706	0,60	33.410.489	3,90
VIII.—Algodón y sus manufacturas	1.157.390	0,16	125.828.858	14,70
IX.—Cáñamo, lino, pita, yute y demás fibras textiles vegetales y sus manufacturas	90.889	0,01	3.614.074	0,42
X.—Lanas, crines, pelos y sus manufacturas	26.540.611	3,63	421.821	0,05
XI.—Sedas y sus manufacturas	1.305.688	0,18	8.380.118	0,98
XII.—Productos alimenticios, comestibles y bebidas	327.095.425	44,72	157.009.785	18,34
XIII.—Varios	1.353.003	0,19	10.543.249	1,23
	671.390.609	91,80	672.406.354	78,56
Artículos de comercio oficial y monopolizados	59.971.331	8,20	183.474.841	21,44
TOTALES	731.361.940	100	855.881.168	100

AÑO 1944

Resumen de valores por clases del Arancel

CLASES DEL ARANCEL	EXPORTACIÓN		IMPORTACIÓN	
	Pesetas oro	Por 100	Pesetas oro	Por 100
I.—Minerales, materias térreas y sus derivados	218.916.553	27,66	33.943.127	4,39
II.—Maderas y otras materias vegetales empleadas en la industria y sus manufacturas	25.075.146	3,17	6.592.276	0,85
III.—Animales y sus despojos	35.417.538	4,48	10.962.995	1,42
IV.—Metales y sus manufacturas	59.186.985	7,47	26.209.026	3,39
V.—Maquinaria, aparatos y vehículos	4.273.021	0,54	79.524.669	10,29
VI.—Productos químicos y sus derivados	68.348.263	8,64	91.232.398	11,79
VII.—Papel y sus manufacturas	3.360.399	0,42	28.747.354	3,72
VIII.—Algodón y sus manufacturas	4.643.599	0,59	139.363.010	18,02
IX.—Cáñamo, lino, pita, yute y demás fibras textiles vegetales y sus manufacturas	251.398	0,03	3.669.989	0,47
X.—Lanas, crines, pelos y sus manufacturas	20.844.472	2,63	129.397	0,02
XI.—Sedas y sus manufacturas	757.823	0,10	3.400.516	0,42
XII.—Productos alimenticios, comestibles y bebidas	338.240.434	42,75	185.323.131	23,97
XIII.—Varios	2.754.348	0,35	8.776.115	1,13
	782.069.979	98,83	617.874.003	79,88
Tabacos, gasolinas, petróleos, etc.	9.226.594	1,17	155.649.009	20,12
TOTALES	791.296.573	100	773.523.012	100

AÑO 1945

Resumen de valores por clases del Arancel

CLASES DEL ARANCEL	EXPORTACIÓN		IMPORTACIÓN	
	Pesetas oro	Por 100	Pesetas oro	Por 100
I.—Minerales, materias térreas y sus derivados	150.457.567	21,23	27.452.181	3,38
II.—Maderas y otras materias vegetales empleadas en la industria y sus manufacturas	22.596.948	3,19	4.053.069	0,50
III.—Animales y sus despojos	7.286.133	1,03	11.312.392	1,39
IV.—Metales y sus manufacturas	56.959.434	8,04	24.806.453	3,05
V.—Maquinaria, aparatos y vehículos	6.227.163	0,88	74.901.941	9,20
VI.—Productos químicos y sus derivados	51.537.577	7,27	91.295.613	11,20
VII.—Papel y sus manufacturas	4.337.241	0,61	18.059.309	2,22
VIII.—Algodón y sus manufacturas	12.453.457	1,76	173.031.667	21,26
IX.—Cáñamo, lino, pita, yute y demás fibras textiles vegetales y sus manufacturas	1.607.331	0,23	6.518.638	0,80
X.—Lanas, crines, pelos y sus manufacturas	13.109.336	1,85	40.994.649	5,04
XI.—Sedas y sus manufacturas	2.881.432	0,41	2.594.711	0,32
XII.—Productos alimenticios, comestibles y bebidas	362.796.503	51,20	147.422.740	18,11
XIII.—Varios	4.520.191	0,63	12.222.994	1,50
	696.770.333	98,33	634.756.357	77,99
Petróleos, gasolinas, fósforos y tabacos	11.804.276	1,67	179.107.325	22,01
TOTALES	708.574.609	100	813.863.682	100

AÑO 1946

Resumen de valores por clases del Arancel

CLASES DEL ARANCEL	EXPORTACIÓN		IMPORTACIÓN	
	Pesetas oro	Por 100	Pesetas oro	Por 100
I.—Minerales, materias térreas y sus derivados	54.871.935	7,47	22.007.267	2,45
II.—Maderas y otras materias vegetales empleadas en la industria y sus manufacturas	35.362.541	4,82	7.488.134	0,83
III.—Animales y sus despojos	13.616.618	1,85	10.420.140	1,16
IV.—Metales y sus manufacturas	42.343.315	5,77	30.261.548	3,36
V.—Maquinaria, aparatos y vehículos	4.941.500	0,67	108.413.014	12,04
VI.—Productos químicos y sus derivados	60.152.781	8,19	108.942.770	12,10
VII.—Papel y sus manufacturas	6.228.280	0,85	25.935.824	2,88
VIII.—Algodón y sus manufacturas	18.133.604	2,47	121.521.282	13,49
IX.—Cáñamo, lino, pita, yute y demás fibras textiles vegetales y sus manufacturas	798.812	0,11	9.307.382	1,03
X.—Lanas, crines, pelos y sus manufacturas	15.408.879	2,10	9.172.498	1,02
XI.—Sedas y sus manufacturas	10.695.340	1,46	2.865.551	0,32
XII.—Productos alimenticios, comestibles y bebidas	388.497.072	52,90	221.628.888	24,61
XIII.—Varios	7.612.213	1,04	23.215.816	2,58
	658.662.890	89,70	701.245.114	77,87
Petróleos, gasolinas, fósforos y tabacos	75.596.641	10,30	199.312.584	22,13
TOTALES	734.259.531	100	900.557.698	100

AÑO 1947

Resumen de valores por clases del Arancel

CLASES DEL ARANCEL	EXPORTACIÓN		IMPORTACIÓN	
	Pesetas oro	Por 100	Pesetas oro	Por 100
I.—Minerales, materias térreas y sus derivados	75.023.341	8,46	36.987.586	3,17
II.—Maderas y otras materias vegetales empleadas en la industria y sus manufacturas	34.741.006	3,89	11.058.845	0,95
III.—Animales y sus despojos	14.303.811	161	31.186.050	2,67
IV.—Metales y sus manufacturas	24.659.258	2,78	37.098.566	3.18
V.—Maquinaria, aparatos y vehículos	7.873.435	0,89	144.521.902	12,38
VI.—Productos químicos y sus derivados	66.250.589	7,47	123.059.149	10,54
VII.—Papel y sus manufacturas	4.537.020	0,51	25.002.131	2,14
VIII.—Algodón y sus manufacturas	118.898.508	13,41	124.173.899	10,64
IX.—Cáñamo, lino, pita, yute y demás fibras textiles vegetales y sus manufacturas	1.111.708	0,13	28.587.283	2,45
X.—Lanas, crines, pelos y sus manufacturas	18.364.533	2,07	8.106.672	0,69
XI.—Sedas y sus manufacturas	18.835.897	2,12	1.624.977	0,11
XII.—Productos alimenticios, comestibles y bebidas	386.004.160	43,55	340.798.349	29,19
XIII.—Varios	4.576.541	0,52	28.253.372	2,42
	774.909.780	87,41	940.458.781	80,53
Petróleos, gasolinas, fósforos y tabacos	111.619.017	12,59	227.436.680	19,47
TOTALES	886.528.797	100	1.167.895.461	100

AÑO 1948

Resumen de valores por clases del Arancel

CLASES DEL ARANCEL	EXPORTACIÓN		IMPORTACIÓN	
	Pesetas oro	Por 100	Pesetas oro	Por 100
I.—Minerales, materias térreas y sus derivados	84.974.824	7,40	83.626.843	5,64
II.—Maderas y otras materias vegetales empleadas en la industria y sus manufacturas	35.871.143	3,12	13.112.898	0,88
III.—Animales y sus despojos	10.014.850	0,87	28.053.455	1,89
IV.—Metales y sus manufacturas	51.855.472	4,52	69.597.969	4,69
V.—Maquinaria, aparatos y vehículos	13.476.692	1,17	180.563.447	12,18
VI.—Productos químicos y sus derivados	61.009.533	5,31	126.000.065	8,50
VII.—Papel y sus manufacturas	6.851.348	0,60	41.381.918	2,79
VIII.—Algodón y sus manufacturas	121.089.976	10,55	160.202.697	10,81
IX.—Cáñamo, lino, pita, yute y demás fibras textiles vegetales y sus manufacturas	322.509	0,03	15.982.977	1,07
X.—Lanas, crines, pelos y sus manufacturas	12.710.061	1,11	16.737.174	1,13
XI.—Sedas y sus manufacturas	5.883 283	0,51	2.860.770	0,79
XII.—Productos alimenticios, comestibles y bebidas	560.451.099	48,80	428.869.473	28,93
XIII.—Varios	5.346.502	0,47	18.367.104	1,24
	569.857.292	84,46	1.185.446.790	79,94
Petróleos, gasolinas, fósforos y tabacos	178.326.667	15,54	297.559.101	20,06
TOTALES	1.148.183.959	100	1.483.005.891	100

AÑO 1942

Resumen de cantidades por clases del Arancel

CLASES DEL ARANCEL	EXPORTACIÓN		IMPORTACIÓN	
	Toneladas	Por 100	Toneladas	Por 100
I.—Minerales, materias térreas y sus derivados	1.608.487	66,28	519.172	26,43
II.—Maderas y otras materias vegetales empleadas en la industria y sus manufacturas	26.916	1,11	64.594	3,29
III.—Animales y sus despojos	2.854	0,12	11.849	0,60
IV.—Metales y sus manufacturas	47.116	1,94	20.099	1,02
V.—Maquinaria, aparatos y vehículos	438	0,02	38.205	1,94
VI.—Productos químicos y sus derivados	173.671	7,16	160.345	8,16
VII.—Papel y sus manufacturas	915	0,04	35.367	1,80
VIII.—Algodón y sus manufacturas	64	(o)	66.589	3,39
IX.—Cáñamo, lino, pita, yute y demás fibras textiles vegetales y sus manufacturas	49	(o)	19.515	0,99
X.—Lanas, crines, pelos y sus manufacturas	1.925	0,08	20	(o)
XI.—Sedas y sus manufacturas	101	(o)	2.171	0,11
XII.—Productos alimenticios, comestibles y bebidas	331.704	13,67	649.247	33,06
XIII.—Varios	36	(o)	2.608	0,13
	2.194.276	90,42	1.589.781	80,92
Artículos de comercio oficial y monopolizados	232.457	9,58	374.855	19,08
TOTALES	2.426.733	100	1.964.636	100

AÑO 1943

Resumen de cantidades por clases del Arancel

CLASES DEL ARANCEL	EXPORTACIÓN		IMPORTACIÓN	
	Toneladas	Por 100	Toneladas	Por 100
I.—Minerales, materias térreas y sus derivados	1.746.010	71,48	292.906	13,50
II.—Maderas y otras materias vegetales empleadas en la industria y sus manufacturas	26.674	1,09	72.184	3,33
III.—Animales y sus despojos	2.615	0,11	12.228	0,56
IV.—Metales y sus manufacturas	54.106	2,21	23.290	1,07
V.—Maquinaria, aparatos y vehículos	512	0,02	22.435	1,03
VI.—Productos químicos y sus derivados	127.912	5,24	172.606	7,96
VII.—Papel y sus manufacturas	1.044	0,04	67.127	3,09
VIII.—Algodón y sus manufacturas	86	(o)	88.364	4,07
IX.—Cáñamo, lino, pita, yute y demás fibras textiles vegetales y sus manufacturas	47	(o)	7.061	0,33
X.—Lanas, crines, pelos y sus manufacturas	1.282	0,05	47	(o)
XI.—Sedas y sus manufacturas	8	(o)	1.254	0,06
XII.—Productos alimenticios, comestibles y bebidas	383.922	15,72	788.407	36,36
XIII.—Varios	262	0,01	2.133	0,10
	2.344.480	95,97	1.549.942	71,46
Artículos de comercio oficial y monopolizados	98.414	4,03	619.060	28,54
TOTALES	2.442.894	100	2.169.002	100

AÑO 1944

Resumen de cantidades por clases del Arancel

CLASES DEL ARANCEL	EXPORTACIÓN		IMPORTACIÓN	
	Toneladas	Por 100	Toneladas	Por 100
I.—Minerales, materias térreas y sus derivados	1.565.342	62,17	391.741	18,47
II.—Maderas y otras materias vegetales empleadas en la industria y sus manufacturas	34.318	1,36	44.119	2,08
III.—Animales y sus despojos	2.826	0,11	7.379	0,35
IV.—Metales y sus manufacturas	66.870	2,66	14.666	0,69
V.—Maquinaria, aparatos y vehículos	819	0,03	12.588	0,59
VI.—Productos químicos y sus derivados	295.574	11,74	160.047	7,55
VII.—Papel y sus manufacturas	1.127	0,04	61.425	2,89
VIII.—Algodón y sus manufacturas	570	0,02	83.912	3,96
IX.—Cáñamo, lino, pita, yute y demás fibras textiles vegetales y sus manufacturas	141	0,01	6.008	0,28
X.—Lanas, crines, pelos y sus manufacturas	985	0,04	20	(o)
XI.—Sedas y sus manufacturas	3	(o)	190	0,01
XII.—Productos alimenticios, comestibles y bebidas	448.118	17,80	740.872	34,94
XIII.—Varios	107	0,01	1.943	0,09
	2.416.800	95,99	1.524.910	71,90
Tabacos, gasolinas, petróleos, etc.	101.322	4,01	595.878	28,10
TOTALES	2.518.122	100	2.120.788	100

AÑO 1945

Resumen de cantidades por clases del Arancel

CLASES DEL ARANCEL	EXPORTACIÓN Toneladas	EXPORTACIÓN Por 100	IMPORTACIÓN Toneladas	IMPORTACIÓN Por 100
I.—Minerales, materias térreas y sus derivados	1.641.089	62,26	388.562	17,43
II.—Maderas y otras materias vegetales empleadas en la industria y sus manufacturas	40.823	1,55	20.329	0,91
III.—Animales y sus despojos	736	0,03	8.243	0,37
IV.—Metales y sus manufacturas	47.302	1,79	33.373	1,50
V.—Maquinaria, aparatos y vehículos	813	0,03	18.392	0,82
VI.—Productos químicos y sus derivados	379.959	14,41	135.628	6,08
VII.—Papel y sus manufacturas	866	0,03	38.538	1,73
VIII.—Algodón y sus manufacturas	1.652	0,06	115.604	5,18
IX.—Cáñamo, lino, pita, yute y demás fibras textiles vegetales y sus manufacturas	965	0,04	9.831	0,44
X.—Lanas, crines, pelos y sus manufacturas	894	0,03	13.165	0,65
XI.—Sedas y sus manufacturas	216	0,01	69	(o)
XII.—Productos alimenticios, comestibles y bebidas	469.836	17,83	673.885	30,23
XIII.—Varios	347	0,01	5.103	0,23
	2.585.487	98,08	1.460.722	65,51
Petróleos, gasolinas, fósforos y tabacos	50.484	1,92	768.869	34,49
TOTALES	2.635.971	100	2.229.591	100

AÑO 1946

Resumen de cantidades por clases del Arancel

CLASES DEL ARANCEL	EXPORTACIÓN Toneladas	EXPORTACIÓN Por 100	IMPORTACIÓN Toneladas	IMPORTACIÓN Por 100
I.—Minerales, materias térreas y sus derivados	2.434.868	63,60	268.340	8,53
II.—Maderas y otras materias vegetales empleadas en la industria y sus manufacturas	46.517	1,21	48.673	1,55
III.—Animales y sus despojos	1.604	0,04	6.957	0,22
IV.—Metales y sus manufacturas	17.739	0,46	51.909	1,66
V.—Maquinaria, aparatos y vehículos	722	0,02	20.961	0,67
VI.—Productos químicos y sus derivados	571.331	14,93	215.973	6,87
VII.—Papel y sus manufacturas	1.133	0,03	63.011	1,97
VIII.—Algodón y sus manufacturas	2.036	0,05	70.620	2,26
IX.—Cáñamo, lino, pita, yute y demás fibras textiles vegetales y sus manufacturas	184	(o)	15.205	0,48
X.—Lanas, crines, pelos y sus manufacturas	1.360	0,04	3.429	0,11
XI.—Sedas y sus manufacturas	588	0,01	187	0,01
XII.—Productos alimenticios, comestibles y bebidas	440.036	11,50	661.308	21,03
XIII.—Varios	767	0,02	18.808	0,60
	3.518.885	91,91	1.445.381	45,96
Petróleos, gasolinas, fósforos y tabacos	309.852	8,09	1.699.412	54,04
TOTALES	3.828.737	100	3.144.793	100

AÑO 1947

Resumen de cantidades por clases del Arancel

CLASES DEL ARANCEL	EXPORTACIÓN		IMPORTACIÓN	
	Toneladas	Por 100	Toneladas	Por 100
I.—Minerales, materias térreas y sus derivados	2.836.227	60,65	476.357	13,05
II.—Maderas y otras materias vegetales empleadas en la industria y sus manufacturas	50.014	1,07	90.146	2,47
III.—Animales y sus despojos	974	0,02	13.433	0,37
IV.—Metales y sus manufacturas	20.905	0,45	50.791	1,39
V.—Maquinaria, aparatos y vehículos	1.780	0,04	37.403	1,03
VI.—Productos químicos y sus derivados	565.833	12,10	257.918	7,07
VII.—Papel y sus manufacturas	772	0,02	46.644	1,28
VIII.—Algodón y sus manufacturas	9.286	0,20	57.364	1,57
IX.—Cáñamo, lino, pita, yute y demás fibras textiles vegetales y sus manufacturas	167	(o)	20.308	0,56
X.—Lanas, crines, pelos y sus manufacturas	755	0,02	2.575	0,07
XI.—Sedas y sus manufacturas	1.017	0,02	146	(o)
XII.—Productos alimenticios, comestibles y bebidas	457.951	9,80	566.517	15,52
XIII.—Varios	402	0,01	21.476	0,59
	3.946.083	84,40	1.641.078	44,97
Petróleos, gasolinas, fósforos y tabacos	729.182	15,60	2.008.094	55,03
TOTALES	4.675.265	100	3.649.172	100

AÑO 1948

Resumen de cantidades por clases del Arancel

CLASES DEL ARANCEL	EXPORTACIÓN		IMPORTACIÓN	
	Toneladas	Por 100	Toneladas	Por 100
I.—Minerales, materias térreas y sus derivados	2.990.244	51,26	1.235.111	22,86
II.—Maderas y otras materias vegetales empleadas en la industria y sus manufacturas	60.931	1,04	63.589	1,18
III.—Animales y sus despojos	1.040	0,02	14.916	0,28
IV.—Metales y sus manufacturas	22.860	0,39	79,731	1,48
V.—Maquinaria, aparatos y vehículos	2.322	0,04	57.504	1,06
VI.—Productos químicos y sus derivados	584.285	10,02	262.020	4,85
VII.—Papel y sus manufacturas	1.018	0,02	55.967	1,03
VIII.—Algodón y sus manufacturas	11.874	0,20	65.303	1,21
IX.—Cáñamo, lino, pita, yute y demás fibras textiles vegetales y sus manufacturas	167	(o)	12.298	0,23
X.—Lanas, crines, pelos y sus manufacturas	803	0.01	5.768	0,11
XI.—Sedas y sus manufacturas	558	0,01	178	(o)
XII.—Productos alimenticios, comestibles y bebidas	715.437	12,26	647.466	11,99
XIII.—Varios	473	0,01	15.628	0,28
	4.392.012	75,28	2.515.479	46,56
Petróleos, gasolinas, fósforos y tabacos	1.441.956	24,72	2.886.436	53,44
TOTALES	5.833.968	100	5.401.915	100

EXPORTACIÓN E IMPORTACIÓN
DE MINERALES, MATERIAS TÉRREAS Y SUS DERIVADOS

CLASES I Y IV

AÑO 1942

Exportación de minerales, materias térreas y sus derivados

CLASE I

PAÍSES	Valor en pesetas oro	ARTÍCULOS PRINCIPALMENTE EXPORTADOS
Gran Bretaña y Norte de Irlanda...	10.036.657	Minerales, cristal y vidrio.
Alemania	8.728.804	Minerales, piedras y tierras empleadas en usos industriales.
Francia...	4.208.978	Minerales, piedras y tierras empleadas en usos industriales.
Canarias	3.861.451	Minerales y materias térreas.
Ceuta...	2.866.986	Minerales y materias térreas.
Suiza-Liechtenstein (U. A.)	2.463.984	Minerales, combustibles y minerales sólidos.
Pertrechos y provisiones	1.120.162	Minerales y materias térreas.
Italia-Albania	849.748	Minerales, piedras y tierras para usos industriales.
Melilla, islas Alhucemas, Chafarinas y Peñón de Vélez de la Gomera	805.847	Piedras y tierras empleadas en usos industriales, combustibles y minerales sólidos.
Territorio español del Golfo de Guinea	630.253	Piedras y tierras, barro obrado, loza y porcelana.
Protectorado español Marruecos...	578.730	Piedras y tierras empleadas en usos industriales, barro obrado, loza y porcelana.

AÑO 1942

Importación de minerales, materias térreas y sus derivados

CLASE I

PAÍSES	Valor en pesetas oro	ARTÍCULOS PRINCIPALMENTE IMPORTADOS
Gran Bretaña y Norte de Irlanda...	12.276.632	Combustibles, minerales sólidos, piedras y tierras para usos industriales.
Marruecos (Z. I.)	9.206.512	Minerales y materias térreas.
Alemania	5.565.771	Barro obrado, loza, porcelana, cristal y vidrio.
Protectorado español Marruecos...	1.564.418	Minerales, combustibles, minerales líquidos y sus derivados.
Mozambique	904.453	Minerales y materias térreas y sus derivados.
Portugal...	770.105	Piedras y tierras para usos industriales.

AÑO 1943

Exportación de minerales, materias térreas y sus derivados

CLASE I

PAÍSES	Valor en pesetas oro	ARTÍCULOS PRINCIPALMENTE EXPORTADOS
Gran Bretaña y Norte de Irlanda...	76.994.998	Minerales.
Alemania	38.043.900	Minerales, piedras y tierras.
Canarias	6.511.613	Piedras y tierras.
Ceuta...	4.754.911	Combustibles, minerales sólidos, piedras, tierras, cristal y vidrio.
Estados Unidos de Norteamérica...	2.498.064	Piedras, tierras, cristal y vidrio.
Francia...	2.337.982	Minerales.
Portugal...	1.997.372	Combustibles, minerales sólidos, cristal y vidrio.
Suiza-Liechtenstein (U. A.)	1.692.997	Minerales.
Melilla, islas Alhucemas, Chafarinas y Peñón de Vélez de la Gomera	1.266.937	Piedras, tierras, cristal, vidrio, cerámica y porcelana.
Protectorado español Marruecos...	1.066.866	Piedras, tierras, cristal, vidrio, cerámica y porcelana.
Territorio español del Golfo de Guinea	660.802	Piedras, tierrras, cerámica y porcelana.
Italia-Albania (U. A.)	646.042	Minerales.

AÑO 1943

Importación de minerales, materias térreas y sus derivados

CLASE I

PAÍSES	Valor en pesetas oro	ARTÍCULOS PRINCIPALMENTE IMPORTADOS
Alemania	12.066.912	Combustibles, minerales sólidos, cristal, vidrio y barro obrado.
Gran Bretaña y Norte de Irlanda...	10.908.372	Combustibles, minerales sólidos, piedras y tierras.
Marruecos (Z. F.)	2.374.103	Minerales, materias térreas y sus derivados.
Protectorado español Marruecos...	1.392.322	Minerales.
Francia...	1.348.863	Cerámica, loza, porcelana, piedras y tierras.
Portugal...	1.231.970	Minerales, piedras y tierras.
Italia-Albania (U. A.)	969.832	Piedras, tierras, cristal y vidrio.
Canadá	537.320	Minerales, materias térreas y sus derivados.
Estados Unidos de Norteamérica...	498.405	Minerales.

AÑO 1944

Exportación de minerales, materias térreas y sus derivados

CLASE I

PAÍSES	Valor en pesetas oro	ARTÍCULOS PRINCIPALMENTE EXPORTADOS
Gran Bretaña y Norte de Irlanda...	169.237.682	Minerales.
Alemania	28.942.888	Minerales, materias térreas y sus derivados.
Canarias	7.021.401	Combustibles y minerales sólidos.
Ceuta...	5.341.809	Combustibles y minerales sólidos.
Portugal...	3.682.585	Cristal, vidrio, combustibles y minerales sólidos.
Francia...	2.746.523	Minerales.
Melilla, islas Alhucemas, Chafarinas y Peñón de Vélez de la Gomera	1.950.324	Piedras y tierras empleadas en la construcción, las artes y la industria.
Estados Unidos de Norteamérica...	1.768.999	Cristal y vidrio.
Protectorado español Marruecos...	1.320.220	Piedras y tierras empleadas en la construcción, las artes y la industria.
Territorio español del Golfo de Guinea	776.440	Piedras y tierras empleadas en la construcción, las artes y la industria.
Suiza-Liechtenstein (U. A.)	403.124	Minerales.

AÑO 1944

Importación de minerales, materias térreas y sus derivados

CLASE I

PAÍSES	Valor en pesetas oro	ARTÍCULOS PRINCIPALMENTE IMPORTADOS
Alemania	1.569.872	Combustibles y minerales sólidos.
Gran Bretaña y Norte de Irlanda	4.149.847	Combustibles y minerales sólidos.
Protectorado español Marruecos	1.866.480	Minerales.
Francia	1.244.165	Combustibles y minerales sólidos.
Estados Unidos de Norteamérica	866.555	Minerales.
Portugal	811.185	Minerales.

AÑO 1945

Exportación de minerales, materias térreas y sus derivados

CLASE I

PAÍSES	Valor en pesetas oro	ARTÍCULOS PRINCIPALMENTE EXPORTADOS
Gran Bretaña y Norte de Irlanda	121.523.852	Minerales.
Ceuta	7.241.955	Combustibles, minerales sólidos, loza, cerámica y porcelana.
Canarias	7.145.139	Combustibles y minerales sólidos.
Estados Unidos de Norteamérica	3.014.895	Cristal, vidrio, piedras y tierras.
Holanda	2.350.253	Minerales.
Bélgica	2.039.808	Minerales.
Melilla, islas Alhucemas, Chafarinas y Peñón de Vélez de la Gomera	1.734.271	Cerámica, loza y porcelana.
Protectorado español Marruecos	1.122.750	Piedras y tierras.
Suiza-Liechtenstein (U. A.)	986.011	Minerales.
Territorio español del Golfo de Guinea	940.276	Cerámica, loza y porcelana.
Noruega	875.963	Minerales.
Portugal	742.459	Minerales sólidos.
Francia	483.884	Minerales.
Argentina	445.515	Cristal y vidrio.
Cuba	416.359	Cristal y vidrio.
Dinamarca	403.528	Minerales, materias térreas y sus derivados.
Dinamarca (Z. F.)	338.480	Minerales, materias térreas y sus derivados.

AÑO 1945

Importación de minerales, materias térreas y sus derivados

CLASE I

PAÍSES	Valor en pesetas oro	ARTÍCULOS PRINCIPALMENTE IMPORTADOS
Marruecos (Z. F.)	12.879.607	Minerales, materias térreas y sus derivados.
Gran Bretaña y Norte de Irlanda	5.430.070	Combustibles, minerales sólidos, cerámica, loza y porcelana.
Protectorado español Marruecos	1.724.145	Minerales.
Portugal	1.068.292	Minerales.
Francia	731.648	Cerámica, loza y porcelana.
Argelia	460.925	Minerales, materias térreas y sus derivados.
Estados Unidos de Norteamérica	420.822	Piedras, tierras y minerales.

AÑO 1946

Exportación de minerales, materias térreas y sus derivados

CLASE I

PAÍSES	Valor en pesetas oro	ARTÍCULOS PRINCIPALMENTE EXPORTADOS
Gran Bretaña y Norte de Irlanda	11.085.339	Minerales.
Ceuta	9.553.189	Combustibles y minerales sólidos.
Canarias	8.477.931	Combustibles y minerales sólidos.
Noruega	4.243.814	Minerales.
Holanda	2.916.954	Minerales.
Portugal	2.865.218	Combustibles y minerales sólidos.
Checoslovaquia	2.732.785	Minerales.
Estados Unidos de Norteamérica	2.606.934	Minerales.
Melilla, islas Alhucemas, Chafarinas y Peñón de Vélez de la Gomera	2.505.301	Piedras y tierras empleadas en la construcción, las artes y la industria.
Territorio español del Golfo de Guinea	1.802.754	Piedras y tierras empleadas en la construcción, las artes y la industria.
Bélgica-Luxemburgo	1.690.846	Minerales.
Suiza-Liechtenstein (U. A.)	1.555.975	Cristal y vidrio.
Protectorado español Marruecos	1.110.706	Piedras y tierras empleadas en la construcción, las artes y la industria.
Cuba	1.085.934	Barro obrado, loza y porcelana.
Francia	629.053	Minerales.
Marruecos (Z. I.)	613.814	Minerales.
Argentina	613.774	Cristal y vidrio.
Alemania	527.142	Minerales.

AÑO 1946

Importación de minerales, materias térreas y sus derivados

CLASE I

PAÍSES	Valor en pesetas oro	ARTÍCULOS PRINCIPALMENTE IMPORTADOS
Marruecos (Z. F.)	6.564.410	Minerales.
Gran Bretaña y Norte de Irlanda	6.507.905	Combustibles y minerales sólidos.
África Austral	2.785.848	Minerales.
Protectorado español Marruecos	2.204.388	Minerales.
Túnez	1.708.585	Minerales.
Estados Unidos de Norteamérica	842.132	Piedras empleadas en la construcción, las artes y la industria.
Portugal	648.474	Minerales.

AÑO 1947

Exportación de minerales, materias térreas y sus derivados

CLASE I

PAÍSES	Valor en pesetas oro	ARTÍCULOS PRINCIPALMENTE EXPORTADOS
Gran Bretaña...	16.010.645	Minerales, piedras y tierras.
Canarias	11.628.637	Cerámica, loza, porcelana, cristal y vidrio.
Ceuta...	6.405.617	Barro obrado, loza y porcelana.
Holanda	5.355.755	Minerales, piedras y tierras.
Bélgica-Luxemburgo (E. U).	4.536.855	Minerales.
Alemania	3.705.674	Minerales.
Noruega	3.508.507	Minerales.
Estados Unidos de Norteamérica...	3.114.709	Minerales, piedras y tierras.
Territorio español del Golfo de Guinea	2.498.377	Barro obrado, loza y porcelana.
Melilla	2.016.633	Barro obrado, loza, porcelana, piedras y tierras.
Cuba	1.943.010	Cerámica, loza, porcelana, cristal y vidrio.
Italia	1.471.724	Minerales.
Suiza-Liechtenstein (U. A.)	1.383.399	Cristal, vidrio, loza y porcelana.
Portugal...	1.301.806	Combustibles minerales sólidos.
Marruecos (Z. I.)	1.298.762	Minerales, materias térreas y sus derivados.
Argentina	1.105.904	Barro obrado, loza, porcelana, cristal y vidrio.
Protectorado español Marruecos...	1.038.852	Piedras y tierras.

AÑO 1947

Importación de minerales, materias térreas y sus derivados

CLASE I

PAÍSES	Valor en pesetas oro	ARTÍCULOS PRINCIPALMENTE IMPORTADOS
Egipto	10.381.097	Minerales, materias térreas y sus derivados.
Estados Unidos de Norteamérica...	8.601.509	Minerales, barro obrado, loza y porcelana.
Protectorado español Marruecos...	2.901.987	Minerales.
Gran Bretaña y Norte de Irlanda...	1.821.733	Piedras, tierras, cerámica, loza y porcelana.
Portugal...	1.152.753	Minerales.
África Oriental Británica	1.084.026	Minerales, materias térreas y sus derivados.
Chipre	602.875	Minerales, materias térreas y sus derivados.
Bélgica-Luxemburgo	550.413	Combustibles, minerales sólidos, barro obrado, loza y porcelana.

AÑO 1948

Exportación de minerales, materias térreas y sus derivados

CLASE I

PAÍSES	Valor en pesetas oro	ARTÍCULOS PRINCIPALMENTE EXPORTADOS
Gran Bretaña y Norte de Irlanda	15.774.895	Minerales.
Holanda	6.163.693	Minerales.
Estados Unidos de Norteamérica	5.817.490	Minerales.
Bélgica-Luxemburgo (E. U).	5.716.794	Minerales.
Alemania	4.408.412	Minerales.
Noruega	3.816.833	Minerales.
Francia	2.885.871	Minerales.
Marruecos (Z. I.)	2.806.415	Minerales.
Argentina	1.561.748	Cerámica, loza y porcelana.
Cuba	1.229.507	Cristal y vidrio.
Dinamarca	730.276	Minerales.
Suecia	701.238	Minerales.
Irlanda	650.849	Minerales.
Austria	556.827	Minerales.
Suiza-Liechtenstein (U. A.)	554.690	Minerales.
Filipinas	423.772	Minerales.

AÑO 1948

Importación de minerales, materias térreas y sus derivados

CLASE I

PAÍSES	Valor en pesetas oro	ARTÍCULOS PRINCIPALMENTE IMPORTADOS
Gran Bretaña y Norte de Irlanda	26.021.466	Combustibles y minerales sólidos.
Egipto	16.503.313	Minerales, materias térreas y sus derivados.
Marruecos (Z. F.)	6.560.250	Minerales, materias térreas y sus derivados.
Túnez	3.044.856	Minerales, materias térreas y sus derivados.
África Austral	2.687.311	Minerales, materias térreas y sus derivados.
Holanda	1.667.426	Minerales, materias térreas y sus derivados.
Bélgica-Luxemburgo (U. E.).	1.221.228	Combustibles y minerales sólidos.
Estados Unidos de Norteamérica	1.107.328	Minerales, materias térreas y sus derivados.

AÑO 1942

Exportación de metales y sus manufacturas

CLASE IV

PAÍSES	Valor en pesetas oro	ARTÍCULOS PRINCIPALMENTE EXPORTADOS
Suiza-Liechtenstein (U. A.)	8.806.205	Metales, sus aleaciones, hierro y acero sin manufacturar.
Alemania	5.742.146	Metales, sus aleaciones, oro, plata y platino.
Argentina	5.155.504	Hierro, acero sin manufacturar y trefilería.
Canarias	3.361.144	Hierro y acero sin manufacturar y quincalla.
Portugal	2.438.988	Hierro, acero sin manufacturar, metales y sus aleaciones.
Italia-Albania	2.094.151	Hierro y acero sin manufacturar, metales y sus aleaciones.
Suecia	1.241.887	Metales y sus aleaciones, oro, plata y platino.
Ceuta	1.209.656	Hierro y acero sin manufacturar y objetos fundidos.
Melilla, islas Alhucemas, Chafarinas	813.683	Objetos fundidos y ferretería.
Noruega	800.299	Metales y sus aleaciones.
Finlandia	752.445	Metales y sus manufacturas.
Protectorado español Marruecos	736.020	Ferretería, oro, platino y quincalla.
Territorio español del Golfo de Guinea	702.064	Ferretería, quincalla y piezas forjadas.

AÑO 1942

Importación de metales y sus manufacturas

CLASE IV

PAÍSES	Valor en pesetas oro	ARTÍCULOS PRINCIPALMENTE IMPORTADOS
Alemania	12.158.348	Hierro y acero sin manufacturar y trefilería.
Portugal	5.899.462	Oro, plata, platino y ferretería.
Suiza-Liechteinstein	1.463.308	Oro, plata, platino, metales y sus aleaciones.
Francia	1.315.600	Metales y sus aleaciones, hierro y acero sin manufacturar.

AÑO 1943

Exportación de metales y sus manufacturas

CLASE IV

PAÍSES	Valor en pesetas oro	ARTÍCULOS PRINCIPALMENTE EXPORTADOS
Argentina	16.119.579	Hierro y acero sin manufacturar, cobre y sus aleaciones.
Suiza-Liechtenstein (U. A.)	10.474.848	Hierro y acero sin manufacturar, los demás metales y sus aleaciones.
Alemania	7.561.553	Los demás metales y sus aleaciones.
Canarias	3.894.974	Ferretería y quincalla.
Portugal	3.581.547	Hierro y acero sin manufacturar, los demás metales y sus aleaciones.
Italia-Albania (U. A.)	3.401.383	Hierro y acero sin manufacturar, los demás metales y sus aleaciones.
Suecia	2.278.161	Hierro y acero sin manufacturar, los demás metales y sus aleaciones.
Ceuta	1.431.314	Hierro y acero sin manufacturar y ferretería.
Territorio español del Golfo de Guinea	1.418.593	Ferretería y quincalla.
Melilla, islas Alhucemas, Chafarinas y Peñón de Vélez de la Gomera	936.555	Hierro y acero sin manufacturar y ferretería.
Protectorado español Marruecos	824.506	Ferretería y quincalla.

AÑO 1943

Importación de metales y sus manufacturas

CLASE IV

PAÍSES	Valor en pesetas oro	ARTÍCULOS PRINCIPALMENTE IMPORTADOS
Alemania	15.780.620	Hierro y acero sin manufacturar, los demás metales y sus aleaciones y piezas forjadas.
Portugal	9.580.868	Hierro y acero sin manufacturar, los demás metales y sus aleaciones.
Suiza-Liechtenstein (U. A.)	1.580.734	Los demás metales y sus aleaciones y armas.
Suecia	1.408.067	Hierro y acero sin manufacturar, los demás metales y sus aleaciones.
Francia	1.108.279	Los demás metales y sus aleaciones, hierro y acero sin manufacturar.

AÑO 1944

Exportación de metales y sus manufacturas

CLASE IV

PAÍSES	Valor en pesetas oro	ARTÍCULOS PRINCIPALMENTE EXPORTADOS
Argentina	28.468.596	Hierro y acero sin manufacturar.
Alemania	14.311.575	Metales y sus aleaciones.
Portugal	6.960.659	Metales y sus aleaciones, hierro y acero sin manufacturar, oro, plata y platino.
Suiza-Liechtenstein (U. A.)	4 841.448	Hierro y acero sin manufacturar, oro, plata y platino.
Canarias	3.659.678	Ferretería y quincalla.
Territorio español del Golfo de Guinea	1.731.932	Ferretería.
Suecia	1.437.766	Metales y sus aleaciones.
Ceuta	1.278.762	Ferretería.
Melilla, islas Alhucemas, Chafarinas y Peñón de Vélez de la Gomera	1.026.973	Ferretería.
Protectorado español Marruecos	696.468	Ferretería.

AÑO 1944

Importación de metales y sus manufacturas

CLASE IV

PAÍSES	Valor en pesetas oro	ARTÍCULOS PRINCIPALMENTE IMPORTADOS
Portugal	7.264.128	Metales y sus aleaciones.
Suiza-Liechtenstein (U. A.)	4.000.939	Metales y sus aleaciones.
Alemania	1.869.178	Hierro y acero sin manufacturar, piezas forjadas y aleaciones.
Suecia	1.607.266	Hierro y acero sin manufacturar.
Francia	1.379.078	Metales y sus aleaciones.
Gran Bretaña y Norte de Irlanda	841.742	Hierro y acero sin manufacturar.
Estados Unidos de Norteamérica	642.103	Piezas forjadas.

AÑO 1945

Exportación de metales y sus manufacturas

CLASE IV

PAÍSES	Valor en pesetas oro	ARTÍCULOS PRINCIPALMENTE EXPORTADOS
Argentina	23.076.838	Hierro y acero sin manufacturar y trifilería.
Estados Unidos de Norteamérica	20.470.345	Quincalla, piezas forjadas, metales y sus aleaciones.
Portugal	5 661.007	Oro, plata, platino, metales y sus aleaciones.
Suiza-Liechtenstein (U. A.)	5.569.161	Oro, plata, platino, metales y sus aleaciones.
Canarias	4.239.228	Quincalla.
Territorio español del Golfo de Guinea	1.708.843	Ferretería.
Ceuta	1.435.102	Hierro y acero sin manufacturar.
Melilla, islas Alhucemas, Chafarinas y Peñón de Vélez de la Gomera	986.632	Ferretería.
Protectorado español Marruecos	637.066	Ferretería.
Cuba	332.869	Quincalla.
Suecia	211.002	Los demás metales y sus aleaciones.

AÑO 1945

Importación de metales y sus manufacturas

CLASE IV

PAÍSES	Valor en pesetas oro	ARTÍCULOS PRINCIPALMENTE IMPORTADOS
Portugal...	7.589.205	Oro, plata, platino, hierro y acero sin manufacturar.
Gran Bretaña y Norte de Irlanda...	5.727.988	Cobre y sus aleaciones, hierro y acero sin manufacturar.
Suiza-Liechtenstein (U. A.)	3.191.270	Metales y sus aleaciones.
Estados Unidos de Norteamérica...	2.379.507	Metales y aceros sin manufacturar, piezas forjadas y aleaciones.
Suecia	1.829.461	Hierro y acero sin manufacturar, metales y aleaciones.
África Austral	1.188.793	Metales y sus manufacturas.
Francia...	523.351	Metales y sus aleaciones y piezas forjadas.
Alemania	403.485	Piezas forjadas, los demás metales y sus aleaciones.
Canarias	110.030	Cobre y sus aleaciones.

AÑO 1946

Exportación de metales y sus manufacturas

CLASE IV

PAÍSES	Valor en pesetas oro	ARTÍCULOS PRINCIPALMENTE EXPORTADOS
Estados Unidos de Norteamérica...	13.953.281	Oro, plata y platino.
Argentina	7.894.249	Hierro y acero sin manufacturar.
Portugal...	6.991.354	Oro, plata y platino.
Canarias	6.186.435	Ferretería y quincalla.
Gran Bretaña y Norte de Irlanda...	5.605.929	Oro, plata y platino.
Territorio español del Golfo de Guinea	2.458.072	Quincalla, metales y sus aleaciones.
Ceuta...	1.772.700	Ferretería y quincalla.
Italia	1.443.654	Metales y sus aleaciones.
Melilla, islas Alhucemas, Chafarinas y Peñón de Vélez de la Gomera	987.257	Ferretería.
Noruega	833.261	Armas.
Chile	797.410	Metales y sus manufacturas.
Cuba	743.709	Quincalla.
Protectorado español Marruecos...	664.904	Ferretería y quincalla.
Suecia	652.637	Metales y sus aleaciones.
Suiza-Liechtenstein (U. A.)	601.549	Hierro y acero sin manufacturar.

AÑO 1946

Importación de metales y sus manufacturas

CLASE IV

PAÍSES	Valor en pesetas oro	ARTÍCULOS PRINCIPALMENTE IMPORTADOS
Gran Bretaña y Norte de Irlanda...	9.316.127	Hierro y acero sin manufacturar.
África Austral	5.125.826	Metales.
Portugal...	4.427.491	Metales y sus aleaciones.
Estados Unidos de Norteamérica...	2.262.327	Piezas forjadas.
Canadá...	1.897.205	Metales.
Noruega	1.751.189	Metales.
Suiza-Liechtenstein (U. A.)	1.701.282	Metales.
Suecia	1.155.453	Hierro, acero y sus manufacturas.
Irlanda	560.627	Metales.
Holanda	507.657	Metales.

AÑO 1947

Exportación de metales y sus manufacturas

CLASE IV

PAÍSES	Valor en pesetas oro	ARTÍCULOS PRINCIPALMENTE EXPORTADOS
Canarias	7.512.451	Quincalla, ferretería.
Portugal	6.531.141	Manufacturas de hierro y acero, los demás metales y sus aleaciones.
Holanda	3.531.886	Los demás metales y sus aleaciones.
Territorio español del Golfo de Guinea	3.479.806	Quincalla.
Italia	2.192.513	Los demás metales y sus aleaciones.
Ceuta	2.131.274	Ferretería y quincalla.
Gran Bretaña y Norte de Irlanda	1.907.810	Los demás metales y sus aleaciones, hierro y acero sin manufacturar.
Suiza-Liechtenstein (U. A.)	1.837.634	Cristal, vidrio y ferretería.
Argentina	1.472.093	Quincalla y trefilería.
Chile	1.145.813	Metales y sus manufacturas.
Protectorado español Marruecos	1.107.047	Trefilería y objetos fundidos.
Melilla, islas Alhucemas, Chafarinas y Peñón de Vélez de la Gomera	1.012.031	Ferretería.
Méjico	985.857	Quincalla.
Estados Unidos de Norteamérica	775.119	Los demás metales y sus aleaciones.
Marruecos (Z. I.)	746.470	Metales y sus manufacturas.
Filipinas	594.285	Metales y sus manufacturas.
Suecia	501.650	Los demás metales y sus aleaciones y armas.

AÑO 1947

Importación de metales y sus manufacturas

CLASE IV

PAÍSES	Valor en pesetas oro	ARTÍCULOS PRINCIPALMENTE IMPORTADOS
Gran Bretaña y Norte de Irlanda	8.959.669	Hierro y acero sin manufacturar y trefilería.
Estados Unidos de Norteamérica	7.481.483	Hierro y acero sin manufacturar, piezas forjadas, los demás metales y sus aleaciones.
Bélgica-Luxemburgo (E. U).	5.622.278	Cobre y sus aleaciones, hierro y acero sin manufacturar.
Suecia	2.899.602	Hierro y acero sin manufacturar.
África Oriental británica	1.781.489	Metales y sus manufacturas.
Canadá	1.668.334	Metales y sus manufacturas.
Suiza-Liechtenstein (U. A.)	834.162	Los demás metales y sus aleaciones, piezas forjadas.
Protectorado español Marruecos	731.825	Hierro y acero sin manufacturar.
Holanda	716.068	Los demás metales y sus aleaciones.
Noruega	627.496	Los demás metales y sus aleaciones.
Portugal	618.235	Hierro y acero sin manufacturar.

AÑO 1948

Exportación de metales y sus manufacturas

CLASE IV

PAÍSES	Valor en pesetas oro	ARTÍCULOS PRINCIPALMENTE EXPORTADOS
Estados Unidos de Norteamérica...	12.454.770	Metales y sus aleaciones, oro, plata y platino.
Suiza-Liechtenstein (U. A.)	9.317.002	Metales y sus aleaciones, oro, plata y platino.
Portugal...	4.819.002	Oro, plata y platino, hierro y acero sin manufacturar.
Gran Bretaña y Norte de Irlanda...	3.860.223	Metales y sus aleaciones.
Marruecos (Z. I.)	3.406.752	Metales y sus aleaciones.
Suecia	2.415.669	Cobre y sus aleaciones.
Argentina	1.795.233	Ferretería y quincalla.
Francia...	1.399.597	Metales y sus aleaciones.
Noruega	1.369.495	Metales y sus aleaciones.
Holanda	1.340.140	Metales y sus aleaciones.
Cuba	1.263.431	Cobre y sus aleaciones.
Chile	1.174.450	Metales y sus manufacturas.
Italia	1.142.710	Hierro y acero sin manufacturar.
Canadá	1.099.442	Metales y sus manufacturas.
Bélgica-Luxemburgo (E. U).	894.337	Oro, plata y platino.
Alemania	753.254	Metales y sus aleaciones.
Méjico	720.146	Armas.
Filipinas	598.820	Metales y sus manufacturas.

AÑO 1948

Importación de metales y sus manufacturas

CLASE IV

PAÍSES	Valor en pesetas oro	ARTÍCULOS PRINCIPALMENTE IMPORTADOS
Gran Bretaña y Norte de Irlanda...	14.395.031	Cobre y sus aleaciones, hierro y acero sin manufacturar, trefilería y aleaciones.
Bélgica-Luxemburgo (E. U).	11.757.266	Manufacturas de hierro y acero, cobre y sus aleaciones de otros metales.
Suiza-Liechtenstein (U. A.)	6.293.773	Oro, plata y platino.
Estados Unidos de Norteamérica...	6.159.959	Hierro y acero sin manufacturar, piezas forjadas y aleaciones.
África Oriental británica	5.399.905	Metales y sus manufacturas.
Suecia	2.970.208	Hierro y acero sin manufacturar.
Holanda	2.641.189	Aleaciones de cobre y otros metales.
África Austral	2.661.886	Metales y sus manufacturas.
Austria	1.968.760	Metales y sus manufacturas.
Portugal	1.928.540	Hierro y acero sin manufacturar y aleaciones.
Marruecos (Z. I.)	1.744.973	Metales y sus manufacturas.
Marruecos (Z. F.)	845.180	Metales y sus manufacturas.
Italia	751.455	Hierro y acero sin manufacturar y aleaciones.
Canadá	661.599	Metales y sus manufacturas.
Egipto	613.017	Metales y sus manufacturas.
Gibraltar	592.915	Metales y sus manufacturas.
Irlanda	499.321	Metales y sus manufacturas.

EXPORTACIÓN

CLASE I:

62,52 por 100. 14.823.306 toneladas.

Nótase un incremento sucesivo en el valor absoluto del tonelaje exportado, que de 1.608.487 del año 1942, pasó a 2.990.294 toneladas en 1948, es decir, que casi se ha duplicado.

CLASE IV:

1,41 por 100. 276.898 toneladas.

Nótase tan sólo un aumento en valor absoluto y en tanto por ciento en los años 43-44-54, debido al comercio con Argentina.

CLASE I:

13,98 por 100. 754.595.822 pesetas oro.

Nótase un incremento grande, con motivo de la guerra mundial.

CLASE IV:

5,77 por 100. 308.636.405 pesetas oro.

IMPORTACIÓN

CLASE I:

17,18 por 100. 3.572.189 toneladas.

Nótase el gran incremento del año 1948 con motivo de la importación de carbón inglés.

CLASE IV:

1,25 por 100. 273.859 toneladas.

Nótase la importación bien acentuada del año 1948; pero, no obstante el tanto por ciento del comercio de importación en esta clase de productos, es muy pequeño.

CLASE I:

4,18 por 100. 270.585.273 pesetas oro.

Nótase un incremento grande en el año 1948 al reanudarse con intensidad normal de antes de la guerra el comercio de importación de combustibles sólidos procedentes de Inglaterra.

CLASE IV:

3,68 por 100. 242.518.034 pesetas oro.

Nótase también la importación, bien acentuada, del año 1948, si bien el tanto por ciento de importación en esta clase de productos es muy pequeño.

SALDO BALANZA COMERCIAL

	Pesetas oro
Importe total exportación de las partidas I y IV...	1.063.223.227
Importe total importación de las partidas I y IV...	513.103.307
	550.119.920

EXPORTACIÓN

Toneladas		*Toneladas*
14.823.306	... ... CLASE I	62,52 por 100
276.898	... ... CLASE IV	1,41 por 100
15.100.204		63,93 por 100
Pesetas oro		*Pesetas oro*
754.595.822	... ... CLASE I	13,98 por 100
308.636.405	... ... CLASE IV	5,77 por 100
1.063.232.227		19,75 por 100

IMPORTACIÓN

Toneladas		*Toneladas*
3.572.189	... ... CLASE I	17,18 por 100
273.859	... ... CLASE IV	1,25 por 100
3.846.048		18,48 por 100
Toneladas		*Pesetas oro*
270.585.273	... ... CLASE I	4,18 por 100
242.518.034	... ... CLASE IV	3,68 por 100
513.103.307		7,86 por 100

Tonelaje total importado	11.827.293
Tonelaje total exportado	21.398.023
TONELAJE TOTAL DE TODO EL COMERCIO EXTERIOR ...	33.225.316

Tonelaje correspondiente a los servicios de importación y exportación de minerales y metales: 18.946.252, que es el 57 por 100 del tonelaje total absorbido por el comercio exterior de España.

De aquí se deduce una conclusión primera importante, a saber:

Nuestra Marina mercante tiene como principal cliente a la Minería y la Metalurgia, ya que por sí solas absorben el 57 por 100 del tonelaje del comercio exterior.

Si volvemos de nuevo al concepto valor pesetas oro y estudiamos separadamente las diferentes clases de Arancel, llegamos a los siguientes resultados:

CLASE I.—*Minerales y materias térreas:*

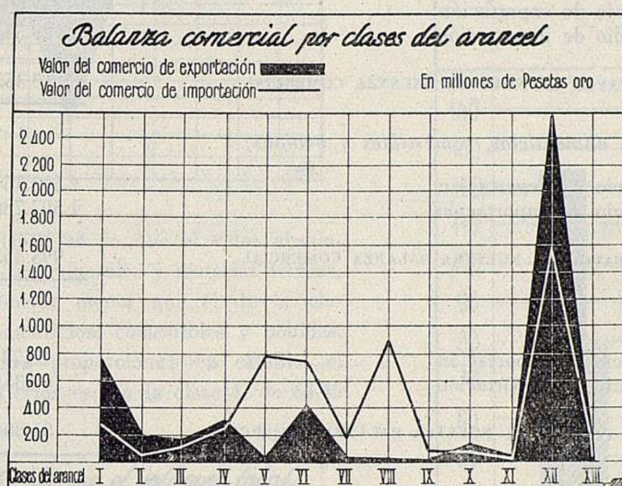
Valor del comercio de exportación	754.595.822	pesetas.
Valor del comercio de importación	270.585.273	pesetas.
SALDO A FAVOR EN NUESTRA BALANZA COMERCIAL	484.010.549	pesetas oro.

CLASE II.—*Maderas y otras materias vegetales:*

Valor del comercio de exportación	208.259.358	pesetas.
Valor del comercio de importación	55.032.090	pesetas.
SALDO A FAVOR EN NUESTRA BALANZA COMERCIAL	153.227.668	pesetas oro.

CLASE III.—*Animales y sus despojos:*

Valor del comercio de exportación	159.172.601	pesetas.
Valor del comercio de importación	110.404.523	pesetas.
SALDO A FAVOR EN NUESTRA BALANZA COMERCIAL	48.768.079	pesetas oro.



CLASE IV.—*Metales y sus manufacturas:*

Valor del comercio de exportación	308.676.405	pesetas.
Valor del comercio de importación	242.518.034	pesetas.
SALDO A FAVOR EN NUESTRA BALANZA COMERCIAL	66.158.371	pesetas oro.

CLASE V.—*Maquinaria, aparatos y vehículos.*

Valor del comercio de exportación	39.704.726	pesetas.
Valor del comercio de importación	784.309.343	pesetas.
SALDO EN CONTRA EN NUESTRA BALANZA COMERCIAL	745.198.617	pesetas oro.

CLASE VI.—*Productos químicos y sus derivados:*

Valor del comercio de exportación	409.395.302	pesetas.
Valor del comercio de importación	769.545.192	pesetas.
SALDO EN CONTRA EN NUESTRA BALANZA COMERCIAL	360.149.890	pesetas oro.

CLASE VII.—*Papel y sus manufacturas:*

Valor del comercio de exportación	33.319.195	pesetas.
Valor del comercio de importación	191.245.327	pesetas.
SALDO EN CONTRA EN NUESTRA BALANZA COMERCIAL	157.926.323	pesetas oro.

CLASE VIII.—*Algodón y sus manufacturas:*

Valor del comercio de exportación	27.733.775	pesetas.
Valor del comercio de importación	902.716.752	pesetas.
SALDO EN CONTRA EN NUESTRA BALANZA COMERCIAL	724.892.977	pesetas oro.

CLASE IX.—*Cáñamo, lino, pita, yute y demás fibras textiles:*

Valor del comercio de exportación	4.434.359	pesetas.
Valor del comercio de importación	77.455.471	pesetas.
SALDO EN CONTRA EN NUESTRA BALANZA COMERCIAL	73.021.112	pesetas oro.

CLASE X.—*Lanas, crines, pelos y sus manufacturas:*

Valor del comercio de exportación	127.530.306	pesetas.
Valor del comercio de importación	75.811.620	pesetas.
SALDO A FAVOR EN NUESTRA BALANZA COMERCIAL	51.718.686	pesetas oro.

CLASE XI.—*Sedas y sus manufacturas:*

Valor del comercio de exportación	42.900.462	pesetas.
Valor del comercio de importación	29.544.689	pesetas.
SALDO A FAVOR EN NUESTRA BALANZA COMERCIAL	13.355.773	pesetas oro.

CLASE XII.—*Productos alimenticios, comestibles y bebidas:*

Valor del comercio de exportación	2.593.154.722	pesetas.
Valor del comercio de importación	1.597.788.984	pesetas.
SALDO A FAVOR EN NUESTRA BALANZA COMERCIAL	995.365.745	pesetas oro.

CLASE XIII.—*Varios:*

Valor del comercio de exportación	26.747.264	pesetas.
Valor del comercio de importación	108.352.202	pesetas.
SALDO EN CONTRA EN NUESTRA BALANZA COMERCIAL	81.604.938	pesetas oro.

CONCLUSIONES FINALES

Las actividades mineras y metalúrgicas en España han producido beneficios del orden de 550 millones de pesetas oro en nuestra balanza comercial durante los años 1942 al 1948, inclusive, conclusión tanto más importante cuanto que en las demás partidas arancelarias casi todas liquidan con un gran déficit.

CLASE	I...	484.010.549 +	
»	II...	153.227.268 +	
»	III...	48.768.079 +	
»	IV...	66.158.371 +	
»	V...		745.198.617 —
»	VI...		360.149.890 —
»	VII...		157.926.232 —
»	VIII...		724.892.977 —
»	IX...		73.021.112 —
»	X...	51.718.686 +	
»	XI...	13.355.773 +	
»	XII...	995.365.745 +	
»	XIII...		81.604.938 —

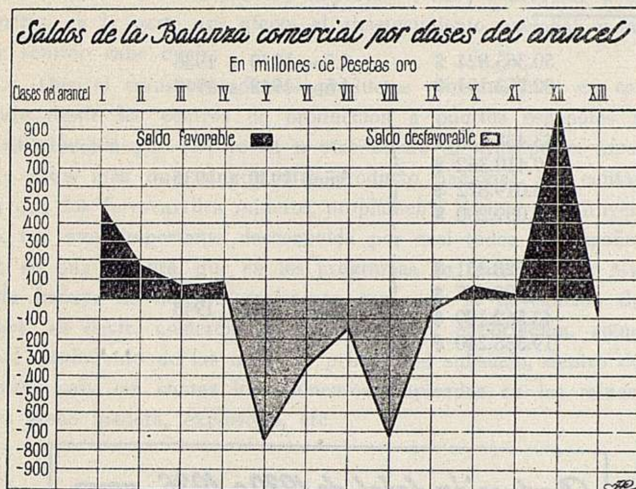
Examinando que aquellas partidas que acusan saldo favorable en nuestra balanza comercial son las que se refieren a la entrega de materias primas, tales como son las clases I, II, III y XII, mientras que, en general, las manufactureras tienen saldo desfavorable, ello prueba que todavía España sigue siendo un país de coloniaje y sin industrializar, y, por tanto, pone de relieve la necesidad de llevar a la práctica los planes de industrialización que el Gobierno tiene planeado.

Dentro de las industrias de manufactura hay tres, que son las clases IV, X y XI, que liquidan con saldo favorable, y de ellas, las más importantes, es la referente a la clase IV, es decir, la relacionada con la parte metalúrgica; en una palabra, que la Metalurgia es de todas las industrias de manufactura la que produce mayor saldo favorable en nuestra balanza comercial y, por consiguiente, la que mejor perspectivas presenta para el desarrollo del porvenir económico español.

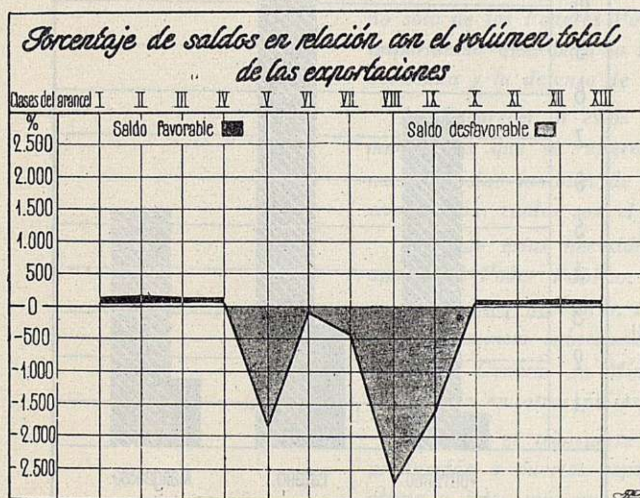
Para comparar, no obstante, la importancia relativa de todas estas partidas comprendidas en los Aranceles, veamos los tantos por ciento del saldo favorable o adverso que tenga cada una de ellas en relación con el volumen total de las exportaciones, y así obtenemos los siguientes datos:

CLASE	I...	64,45 por 100 +
»	II...	73 por 100 +
»	III...	30,25 por 100 +
»	IV...	21,60 por 100 +

CLASE V	1.825	por 100	—
» VI	89	por 100	—
» VII	475	por 100	—
» VIII	2.670	por 100	—
» IX	1.660	por 100	—
» X	40	por 100	+
» XI	30,10	por 100	+
» XII	38,30	por 100	+
» XIII	30	por 100	—

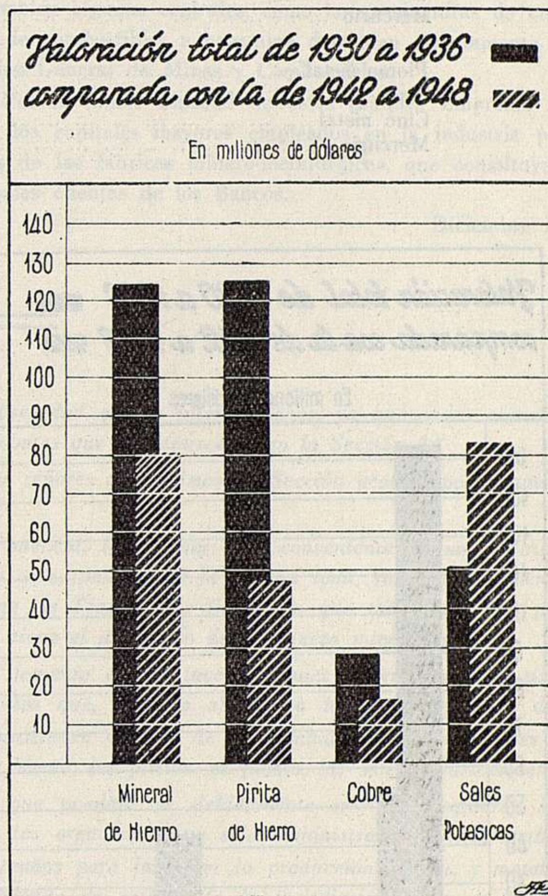


Comparando este tanto por ciento, se ve que el valor absoluto de la clase I, que representa los minerales y materias térreas, representa un beneficio notablemente menor que el de la clase XII referente a productos alimenticios, comestibles y bebidas, es decir, a cuanto la Agricultura proporciona; en cambio, el tanto por ciento del comercio exterior es, en la clase I, de 64,45



por 100, mientras que la clase XII tan sólo es de 38,30 por 100; es decir, que España, después de cubrir sus necesidades minero-metalúrgicas, puede exportar una cantidad de pesetas oro que producen un beneficio en nuestra balanza comercial del 64,50 por 100 del volumen de exportación, mientras que la Agricultura, en las mismas circunstancias, tan sólo acusa un saldo a favor del 38,30 por 100.

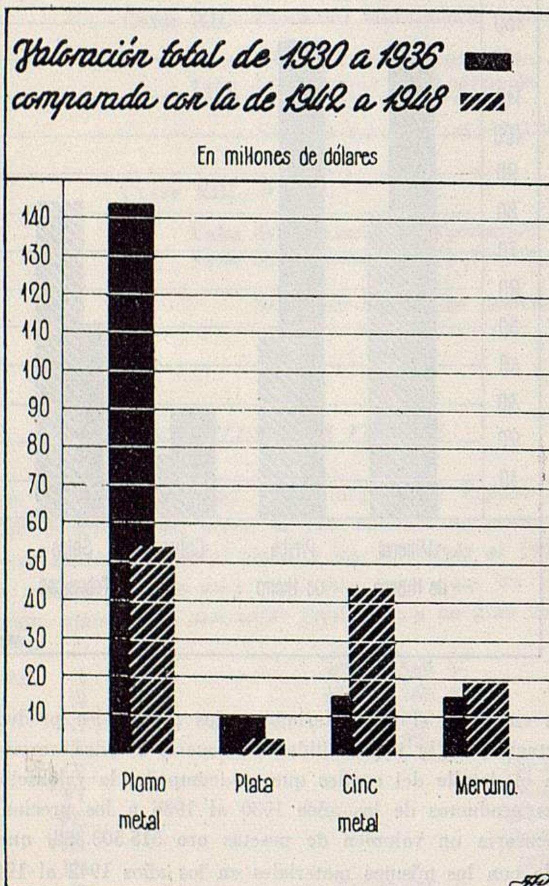
En la clase I, el volumen del comercio de exportación dió un saldo favorable a nuestra balanza comercial, en los años 1942 al 1948, de 484.010.549 pesetas oro; ahora bien, estos años, como consecuencia de la guerra, han sido años de producción minera muy restringida en varios productos, si bien en algunos, como los cuadros revelan, ha habido incremento en la producción minera; no obstante, es evidente que una comparación con la producción de los años 1930 al 1936 ha de ser muy interesante, pues precisamente en estos siete años, de los cuales la mitad del año 1936 fué de guerra y los restantes de conmoción social con huelgas casi constantes, la producción minera también ha de ser forzosamente menor que la normal en época como, por ejemplo, la de la Dictadura del general Primo de Rivera, de tranquilidad en España.

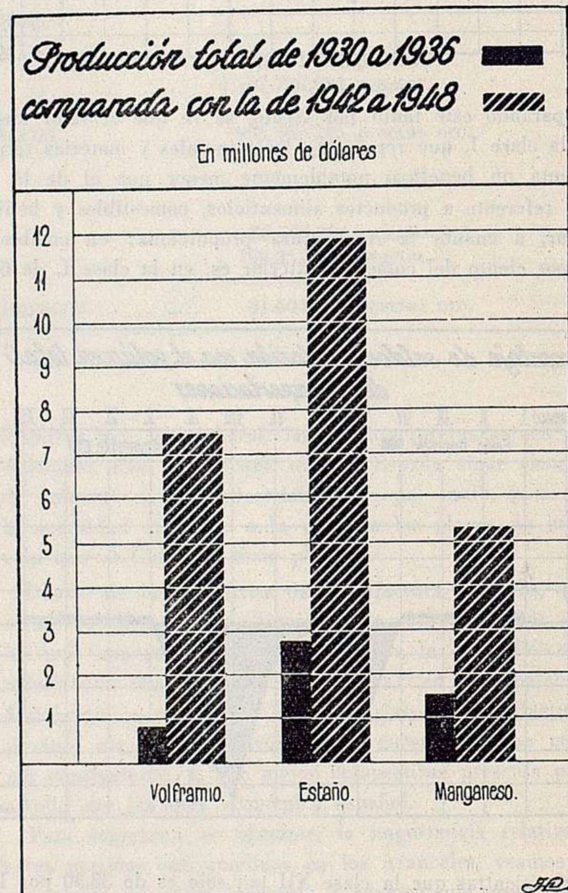


Sin embargo, si nos referimos a los principales productos de exportación, en la imposibilidad de hacerlo a todos, veremos que, según el detalle del cuadro que se acompaña, la valoración total de los productos de los años 1930 al 1936 a los precios actuales acusaría un volumen de pesetas oro 515.503.358, que, comparado con los mismos materiales en los años 1942 al 1948, que es de 370.941.638, acusaría sensiblemente un 43 por 100 de aumento; es decir, que el saldo favorable en la balanza comercial con esas producciones, que son anormales, pero no tan reducidas como las presentes, se acercarían a los 700 millones de pesetas oro, es decir, que seguiría muy de cerca la riqueza agrícola y por ello siempre en lugar muy prominente.

VALORACIÓN

Mineral de hierro	123.475.223 $	Años 1930 a 1936
Pirita de hierro	125.100.241 $	
Cobre	28.532.962 $	
Mineral de hierro	80.201.432 $	Años 1942 a 1948
Pirita de hierro	41.126.582 $	
Cobre	16.875.093 $	
Sales potásicas	50.365.824 $	Años 1930 a 1936
Sales potásicas	82.753.191 $	Años 1942 a 1948
Plomo metal	143.438.238 $	Años 1930 a 1936
Plata	9.410.362 $	
Cinc metal	15.019.872 $	
Mercurio	15.059.200 $	
Plomo metal	53.528.351 $	Años 1942 a 1948
Plata	2.903.657 $	
Cinc metal	43.562.129 $	
Mercurio	19.383.240 $	





Volframio	830.492 $	Años 1930 a 1936
Estaño	2.750.321 $	
Manganeso	1.520.623 $	

Volframio	7.454.320 $	Años 1942 a 1948
Estaño	11.843.512 $	
Manganeso	5.310.131 $	

En el presente trabajo, como su título indica, hemos pretendido reflejar la importancia de la Minería como fuente productora de divisas en todos los tratados internacionales. Independientemente de este asunto tan importante, cabe considerar a la Minería, en la parte que afecta al abastecimiento nacional, y en este sentido cabe decir:

1.º Que el transporte de los productos mineros, bien en cabotaje desde los centros de producción a puertos españoles y su distribución por ferrocarril u otro medio de transporte, afecta a éstos más que ningún otro producto nacional, sin contar con que los ferrocarriles mineros propiamente dichos constituyen una red muy importante desconocida por casi todos los españoles; en una palabra, que en los programas de transporte la Minería influye de manera preferente, tanto en la navegación de altura, es decir, comercio de importación y exportación, como en el movimiento de las materias primas del subsuelo, dentro de nuestro país, sin contar los elementos empleados en las minas, tales como madera, explosivos, etc.

2.º El personal obrero empleado en la industria minero-metalúrgica es el más numeroso de todos los sindicados y el mejor pagado, por lo cual la legislación laboral y cuantos organismos con ello se relacionan en el Ministerio de Trabajo, deben dedicar atención preferente a la Minería y Metalurgia, máxime cuanto que el trabajo en las minas, por su rudeza, impone condiciones que no tienen los demás trabajos.

3.º Las Empresas minero-metalúrgicas consumen energía eléctrica en mayor cantidad que ninguna otra, es decir, que son los principales consumidores de energía del país, sin contar con que también algunas centrales, como las productoras de energía, utilizando combustibles a bocamina dependen directamente de la Dirección General de Minas y Combustibles.

4.º Por la índole especial de estas grandes Empresas industriales los capitales mayores empleados en la industria privada son los de las fábricas minero-metalúrgicas, que constituyen los principales clientes de los Bancos.

Diciembre 1949

El señor Presidente encarece la brevedad en las intervenciones, ya que a las cinco de la tarde desean estar presentes en los debates que se desarrollan en la Sección 3.ª

Después de intervenir varios de los señores congresistas, la Sección acordó, por unanimidad, las conclusiones que siguen:

1.ª De conformidad con dicha Ponencia, la Sección cree conveniente llamar la atención, no sólo de los Poderes Públicos, sino, si es posible, de la Nación toda, sobre la transcendental importancia que, para la redacción de los Tratados de Comercio, que tan vitales son para la economía y la defensa de la moneda, tiene el desarrollo de la riqueza minera española.

2.ª Encarecer, a estos efectos, el fomento de las investigaciones mineras, y muy singularmente, las que se refieren a productos que, no sólo afectan a la riqueza y a la defensa nacional, sino también de los que constituyen algunos de los sumandos más importantes de la exportación, cuales son el azogue, el hierro, las piritas, el plomo, las sales potásicas, etcétera.

3.ª Que estas necesidades, para que puedan ser debidamente servidas, requieren solícito apoyo del Poder Público, agrupando los organismos, no sólo administrativos, sino, también, y en cuanto sea necesario, todos los creados para favorecer la producción minera y metalúrgica de las distintas substancias, restableciendo de este modo la jurisdicción y los medios de la Dirección General de Minas y Combustibles, para que ésta adquiera todo el desarrollo que ha logrado en otros países de no mayor importancia en punto a riqueza del subsuelo.

4.ª Que el transporte de los productos mineros, bien en cabotaje desde los centros de producción a puertos españoles y su distribución por ferrocarril u otro medio de transporte, afecta a éstos más que a ningún otro producto nacional, sin contar con que los ferrocarriles mineros propiamente dichos constituyen una red muy importante desconocida por casi todos los españoles; En una palabra, que en los programas de transporte, la Minería influye de manera preferente, tanto en la navegación de altura, es decir, comercio de importación y exportación, como en el movimiento de las materias primas del subsuelo, dentro de nuestro país, sin contar los elementos empleados en las minas, tales como maderas, explosivos, etc.

5.ª El personal obrero empleado en la industria minero-metalúrgica es el más numeroso de todos los sindicados y el que tiene salarios más elevados, por lo cual la legislación laboral y cuantos organismos con ello se relacionan en el Ministerio de Trabajo, deben dedicar

atención preferente a la Minería y Metalurgia, máxime cuanto el trabajo en las minas, por su rudeza, impone condiciones que no exigen los demás trabajos.

6.ª Las empresas minero-metalúrgicas consumen energía eléctrica en mayor cantidad que ninguna otra, es decir, que son los principales consumidores de energía del país, sin contar con que también algunas centrales, como las productoras de energía, que utilizan combustibles a bocamina, dependen directamente de la Dirección General de Minas y Combustibles.

7.ª Por la índole especial de estas grandes empresas industriales, los capitales mayores empleados en la industria privada son los de las fábricas minero-metalúrgicas, que constituyen los principales clientes de los Bancos,

Se levanta la sesión a las cinco de la tarde.

SECCIÓN 5.ª

GRUPO X
SECCIÓN 5.ª

II CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA
(28 de mayo al 3 de junio de 1950)

ACTA DE LA SESIÓN CELEBRADA EL DÍA 31 DE MAYO DE 1950

Se constituye la Mesa bajo la presidencia del Ilmo. Sr. D. José Benlloch Martínez, Ingeniero Industrial, asistido de los señores D. Andrés Herrero Egaña, Ingeniero de Minas, y don José María Barcala, como Vicepresidentes, actuando de Secretario D. Ramón Hurtado de Villaurrutia, Ingeniero Industrial.

La Presidencia concede la palabra al señor Rodríguez Pomatta, quien da lectura a las Conclusiones de la Ponencia elaborada en el Instituto de Ingenieros Civiles de España, que lleva el siguiente título:

El Presupuesto Nacional. Créditos para la industria. Intercambio con técnicas y economías extranjeras

(PONENCIA)

Han sido los ponentes de este trabajo, los siguientes señores:

PRESIDENTE: D. Pío García Escudero, Ingeniero de Montes.
SECRETARIO: D. Luis Rodríguez Pomatta, Ingeniero Industrial.
VOCALES: D. Ramón Hurtado de Villaurrutia, Ingeniero Industrial.
D. Miguel Garau Ríu, Ingeniero Industrial.
D. Andrés Herrero Egaña, Ingeniero de Minas.
D. Enrique Conde Díaz, Ingeniero de Minas.
D. Rafael Cavestany Anduaga, Ingeniero Agrónomo.
D. José Aguado Smolinski, Ingeniero de Montes.
D. Áureo Fernández Ávila, Ingeniero Naval.
D. José Luis Gómez Navarro, Ingeniero de Caminos.
D. Eustaquio Berrioechea, Ingeniero de Caminos.
D. Juan Aracil Segura, Ingeniero de Caminos.
D. Emilio Gómez Ayau, Ingeniero Agronómo.
D. Angel Zorrilla Dorronsoro, Ingenero Agrónomo.
D. Wenceslao Castillo Gómez, Ingeniero de Minas.
D. Jaime Foxá Torroba, Ingeniero de Montes.
D. Luis Ruiz Jiménez, Ingeniero Naval.

El texto de la propuesta de conclusiones de dicha Ponencia fué el siguiente:

A) Que los medios clásicos que el Estado tiene en su mano para ordenar y guiar la economía de un país, sin necesidad de intervenir en la vida propia de las Empresas, son de eficacia suficiente para lograr el fin perseguido, y aun estos medios tradicionales han de emplearse con la máxima prudencia y un sentido claro del alcance de sus efectos.

B) Que el impuesto no es exclusivamente un medio que el Estado tiene para obtener recursos, sino que repercute también en la regulación y guía de la producción.

C) Que la política fiscal debe siempre ser flexible y ajustada a la coyuntura de la economía nacional.

D) Que el impuesto, como medio de obtener recursos, debe tender, en lo posible, a gravar el «excedente económico», sin afectar al «producto bruto».

E) Que el impuesto debe gravar los beneficios, no los ingresos, por lo cual es deseable que se vaya evolucionando hacia el impuesto sobre aquéllos.

F) En virtud de todo lo antedicho y demás consideraciones que figuran ampliamente estudiadas en los diferentes trabajos y ponencias, concluye:

Primero: Que, dentro de una política fiscal reguladora de la actividad económica, es aceptable, en casos excepcionales, la desgravación y aun el auxilio a una cierta rama de la producción.

Segundo: Se estima que en la discriminación de gastos del Presupuesto Nacional ha de perseguirse el más intenso efecto multiplicador para que el incremento de la renta nacional sea máximo, y solamente después de cumplida, con el mayor escrúpulo, esta premisa, sin la cual se desequilibra innecesariamente el Presupuesto, originando o intensificando la inflación, puede aceptarse la posibilidad de aumentos presupuestarios con destino a la reconstrucción del país, siempre que estén debidamente justificados y que su financiación coincida con una coyuntura favorable.

Tercero: El Estado debe reducir a un mínimo la constitución de organismos permanentes, con el fin de evitar la creación de una burocracia excesiva, que carga pesadamente sobre el Presupuesto de gastos, y resta elementos de producción a la economía de la Nación.

Cuarto: El Estado ha de favorecer el fomento del ahorro nacional por medio de los fondos de reserva y amortización de las Empresas, garantía de su progreso y estabilidad.

Quinto: Conviene se conceda mayor efectividad al contenido de la vigente legislación de Utilidades, en el sentido de permitir que se hagan las amortizaciones a base de la depreciación verdadera sobre el valor actualizado del equipo capital, fijándose mediante informe que, obligatoriamente, ha de emitir el técnico fiscal a quien corresponde.

Sexto: La política crediticia ejerce fuerte acción reguladora en la Economía nacional. Por ello, debe ser variable, aunque no bruscamente, con las circunstancias del momento.

Séptimo: La política crediticia debe ser orientada a lograr que los incrementos aparentes de la renta nacional, no resulten perjudiciales para el desarrollo económico e industrial de la Nación. El Estado deberá incrementar sus instituciones de crédito industrial para financiar las ampliaciones y renovación de la industria, sin afán alguno de lucro, y de manera similar regular, estimular, intensificar y financiar la transformación de las producciones agrícola, forestal y minera.

Octavo: La política de dar amplitud de crédito a un tipo de interés más bajo que el normal, para favorecer el desarrollo de una rama determinada de la producción, no debe aplicarse más que en casos excepcionales y con conciencia plena del efecto que puede producir. De no hacerlo con el máximo de garantías, se puede desviar de la actividad general una masa importante de dinero, así como de material y mano de obra, con grave perjuicio para la economía, originando, además, un desequilibrio de precios que coarta el estímulo.

Noveno: Se estima deben aprovecharse coyunturas propicias para lograr, sin merma de nuestra independencia, la colaboración de capital extranjero en el desarrollo de la economía de España.

Décimo: Se estima conveniente la supresión de todas las intervenciones y tasas de índole circunstancial existentes en la actualidad, y, en el caso de que por razones políticas superiores a las de índole técnico-económica, que son las únicas que competen a este Congreso, se considere conveniente su continuación transitoria, deberá orientarse la fijación de precios y salarios a la consecución de un nivel, de acuerdo con la coyuntura económica, sin que en ningún caso existan precios y salarios fuera del nivel correspondiente a cada coyuntura. El Estado, en circunstancia muy especial y determinada, estimulará, por el procedimiento que crea conveniente en cada caso, la producción de artículos de absoluta primera necesidad.

Undécimo: El cambio de la divisa nacional deberá corresponder, a ser posible, a su poder adquisitivo interno, para no trastornar los mercados de importación y exportación, debiendo tenderse también a suprimir la diversidad de cambios.

Duodécimo: Se estima necesaria la absoluta coordinación de todas las disposiciones que afecten a la economía nacional y la creación para ello de un Organismo superior, de actuación ágil.

Trece: Es preciso que todas las obras del Estado y las particulares, por concesión de éste, realicen para servir un fin público, se desenvuelvan dentro de un plan ordenado que permita concentrar las disponibilidades económicas de materiales y mano de obra en aquéllas que, aislada o conjuntamente, ofrezcan el máximo efecto multiplicador de la renta nacional. Mientras queden por hacer obras de este tipo, deben reducirse a un mínimo las más o menos suntuarias.

Catorce: Entendemos que es económicamente inconveniente que, por falta de un plan y un criterio de conjunto, las obras tarden en realizarse mucho más de lo que técnicamente es posible, con pérdida de los intereses intercalarios del dinero y causando paralización relativa de medio de producción.

Quince: El criterio impuesto por la conclusión anterior obliga a que se empezasen solamente las obras que, por posibilidades de numerario, mano de obra, materiales y maquinaria, puedan terminarse dentro del mínimo plazo que técnica y económicamente les corresponde.

Dieciséis: Estimamos que la política de obras de carácter público, especialmente en lo que se refiere a las de índole suntuaria, debe ser tal que interfiera lo menos posible en la iniciativa particular, por exceso de demanda de materiales o mano de obra, sin perjuicio de actuar eficazmente, según las coyunturas económicas en su contenido esencial de volante regulador de la economía nacional.

Diecisiete: En obras de carácter público directamente rentables, es económicamente aconsejable, para su construcción y ex-

plotación, una cierta autonomía, que asegure y ponga de manifiesto la eficacia de su gestión, sin perjuicio de que se sujeten en sus ingresos y gastos a las Leyes generales, y, especialmente, a la de Presupuestos o intervención del Estado en su contabilidad.

Dieciocho: La intervención del Estado, en lo social, debe ir encaminada a fijar unos derechos y una remuneración mínimos revisables, así como un límite inferior rígidamente obligatorio de rendimientos laborales exigibles, previos los asesoramientos necesarios.

Diecinueve: La readmisión forzosa es conveniente pudiera ser conmutada, a voluntad del patrono, por la indemnización que, en cada caso, la Ley señalase.

Veinte: El productor debe estar asegurado y ser atendido con urgencia, cualquiera que sea su lugar de trabajo o paro, y el paraje —en el sentido más amplio— en que se encuentre en el momento de suceder los hechos, siempre que no concurran en él circunstancias especiales que aconsejen no proporcionarle este beneficio.

Veintiuno: Urge buscar una fórmula fácil y equitativa de recargo automático y de recaudación simultánea a otras, como impuesto de seguros sociales.

Veintidós: Para reducir el costo de los gastos de administración de los servicios sociales, parece aconsejable se encomiende a empresas privadas, y en su defecto, mixtas (éstas solamente como educativas de la empresa privada), todo lo que se refiere a la aplicación del seguro.

Veintitrés: El Estado resolvería su misión con un reducido Cuerpo de Inspectores de las empresas privadas aseguradoras. La competencia entre ellas haría lo demás.

Veinticuatro: No parece aconsejable la intervención del Estado en la distribución de materias primas, fijación de precios y distribución de productos, salvo en contados casos definidos por un período de tiempo limitado y con finalidades concretas.

Veinticinco: La intervención del Estado en los procesos de la producción debe tender a limitarse a una acción legislativa de orden general y a una inspección comprobatoria del cumplimiento de lo establecido.

Veintiséis: El establecimiento de industrias por el Estado, aparte de las que se refieren a la defensa nacional o elaboración de efectos de soberanía, debe orientarse a estimular, y, en último extremo, a suplir las deficiencias de la iniciativa privada y cuando así lo exija el alto interés nacional.

Veintisiete: Las medidas que afecten a la producción en cualquiera de sus aspectos, no se debería poner en vigor sin un período previo de información pública. Solamente cabrá prescindir de este trámite cuando la disposición pudiera influir en la seguridad nacional.

Veintiocho: No puede demorarse por más tiempo la puesta en marcha de la contabilidad española.

Veintinueve: Consideramos la misma como base indiscutible de cualquier intento de explotación racional de la riqueza patria, máxime en los momentos actuales en los que el aumento de las necesidades, unido al empobrecimiento de ciertos factores de la producción, imponen, sobre las restantes, un aprovechamiento intensivo.

Treinta: Como instrumento, esta contabilidad se hace imprescindible a los cuadros técnicos de la Nación, para conseguir de los factores disponibles rendimientos óptimos.

Treinta y uno: La implantación de la Contabilidad social constituye, además, indeclinable deber de las clases rectoras de España hacia el colectivo social de la presente generación y hacia el de las venideras.

Treinta y dos: En virtud de ello, entendemos inaplazable la realización del inventario nacional, como punto de partida para la implantación de esta contabilidad, y para esta empresa, los Ingenieros participantes en el II Congreso Nacional de Ingeniería se ofrecen, a través de sus Cuerpos Oficiales y de sus Asociaciones Profesionales, en colaboración con el resto de las que integran las profesiones de economistas y mercantiles.

Treinta y tres: Se juzga indispensable se dé estado de hecho y de derecho al funcionamiento permanente de una Sección de Economía, al par que a otras de las distintas facetas de la Técnica ingenieril —entendidas de forma conjunta y sin matices desintegradores—, bajo la alta Dirección de la Junta de Gobierno del Instituto de Ingenieros Civiles de España, continuadora de la Sección de Economía que en el Congreso de Ingeniería ha funcionado, con el fin de que, investida de la máxima personalidad y prestigio, y ampliamente documentada, pueda asesorar, con oportunidad, competencia y eficacia, a la Junta de Gobierno antedicha, y, a través de ella, a los Poderes Públicos, de forma oficial, con anterioridad a la aprobación de disposiciones que a la economía nacional en su más universal sentido afecten, y facilitar individuos de su seno que representen a la Ingeniería en cuantas Comisiones de Estudios se creen por el Estado con finalidades estadísticas o en trabajos y anteproyectos legislativos, con facetas de índole económica, o que en lo económico puedan repercutir.

Abierta la discusión por el señor Presidente, intervienen en el debate los señores Frígola, Gual, Martínez Hermosilla, Fribertg, De los Santos, Cruz y Gallego Díaz, y a fin de esclarecer las distintas objeciones que los señores anteriormente mencionados ofrecieron al Presidente de la Ponencia, señor García Escudero, éste concreta los términos y el alcance de la Ponencia que se limita, dice, a la aspiración de una mejor ordenación de los Presupuestos de gastos del Estado y a expresar las aspiraciones del Instituto de Ingenieros Civiles de España, en cuanto se refiere al desarrollo de la técnica y de los medios de producción de las actividades representadas por dicho Instituto, dejando, como es natural, la financiación de estos

planes y el momento oportuno de llevarlos a la práctica, así como su cuantía, a la resolución de los Poderes Públicos.

Interviene después el señor Entrecanales para aludir a algunos aspectos de la financiación de estos planes, a quien contesta el Secretario de la Comisión redactora de la Ponencia, diciendo:

Que al objeto de remachar aún más las ideas —ya que comprueba que las intervenciones de sus compañeros son coincidentes en el sentido de echar de menos unas Conclusiones que presenten soluciones para que el Estado pueda obtener los resursos necesarios destinados a atender las nuevas necesidades que se deducen de las peticiones formuladas en este Congreso—, ha de adelantar dos afirmaciones:

1.ª Que mal podemos señalar más caminos para obtener unos medios si desconocemos la cantidad de éstos.

2.ª Que la Ponencia, cual incluída en un Congreso de Ingeniería, no podía estudiar el Presupuesto y los fenómenos que de él mismo se derivan, sino con total conocimiento de fuentes y medios que permitiesen presentarla con la necesaria convicción ante los Poderes Públicos, como obra meditada.

Por el contrario, hasta que se sepan los resultados coordinados y totales obtenidos en el Pleno del Congreso, no se podría cifrar el total de las aspiraciones de los Ingenieros españoles, y tampoco, sin introducirnos en el estudio de problemas que no son totalmente de nuestra esfera profesional, podríamos estudiar del mecanismo del Presupuesto la parte correspondiente a los ingresos ni al plan fiscal para obtenerlos.

Por ello, en una prudente retirada, nos hemos constreñido a examinar los capítulos de gastos, en cuya anatomía hemos penetrado con espíritu crítico constructivo, dejando antes expuestas unas definiciones de nuestro pensamiento económico en relación con el Presupuesto.

Creo, por consiguiente, infundados los temores de algunos compañeros que me han precedido en el uso de la palabra y que se ha cumplido en la mejor forma posible la labor encomendada.

Tras de intervenciones de los señores Gual, Garau, Hurtado de Villaurrutia, Friberg y Aracil, el señor Presidente ruega a los señores congresistas que, a la vista de lo manifestado y las concluyentes explicaciones dadas respecto al alcance de propósitos de la Ponencia por su Presidente, señor García Escudero, cuantos hicieren uso de la palabra se concreten a tratar puntos que no hubieran sido debatidos y que se refieran estrictamente a lo que corresponde en jurisdicción a esta Sección, sin entrar en debate sobre aspectos que corresponden a otras Secciones.

Interviene después el señor Fernández Ortas, y a continuación el señor García Escudero, quien recogiendo en nombre de la Ponencia las manifestaciones del señor Hurtado de Villaurrutia de que se redacte una Conclusión independiente de las propuestas a la aprobación de la Asamblea por las distintas especialidades de la Ingeniería que integran el Instituto, y que se refiera a las normas generales de Política Presupuestaria: propone la redacción siguiente en forma de Conclusión, que quedó aprobada: "El II Congreso Nacional de Ingeniería estima que, siempre que en la discriminación del gasto se persiga el máximo multiplicador, para que los incrementos de la Renta Nacional sean máximos, no debe desecharse la posibilidad de aumentos presupuestarios con destino a la reconstrucción del país."

Finalmente, el señor Presidente dedicó unas palabras de felicitación y elogió a los señores Ponentes, por el notable trabajo realizado, en condiciones de prematura tan agobiantes, con un desinterés y un altruísmo que honra a los profesionales y a la Ingeniería Civil española.

A propuesta del señor Presidente, quedó aprobada la Conclusión anteriormente transcrita, así como los restantes que comprenden la Ponencia.

Se levantó la sesión a las dos de la tarde.

CONCLUSIONES DEL GRUPO DÉCIMO

«ECONOMÍA»

Las conclusiones de los trabajos que se publican en este Tomo XI, estudiadas en las respectivas Secciones del Grupo X, Economìa, *fueron coordinadas y dispuestas para su presentación al Pleno del Congreso, en la reunión conjunta celebrada al efecto, por las mesas de aquellas Secciones con el Ponente General D. Octavio Elorrieta.*

Estas conclusiones de carácter provisional, impresas en las páginas 213 a 217 del Tomo I, se sometieron a examen y discusión en el Pleno y quedaron aprobadas en el celebrado el día 2 de junio de 1950, con redacción que consta en las páginas 247 a 251 de aquel Tomo I.

Fin del Tomo XI y de la Obra

INDICE

ÍNDICE DEL TOMO DÉCIMO

GRUPO IX.—ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN

Páginas

ÍNDICE DEL TOMO UNDÉCIMO

GRUPO X.—ECONOMÍA

ERRATAS ADVERTIDAS

Dice:	Debe decir:	Página	Columna	Línea
1952 -	1953	12	—	20
el	lo	15	2.ª	1
en	con	15	2.ª	17
eje	deje	42	2.ª	9
el	él	137	2.ª	28
«enermá»	«enermás»	197	1.ª	33
[1]	[2]	204	1.ª	21
cuarto tanteo	—	214	2.ª	27
x e y	X e Y)	233	1.ª	48
relación	redacción	277	—	12
aumentará	aumentara	281	2.ª	30
, se	que se	291	1.ª	44
quien	quienes	292	2.ª	12
esta	otra	304	—	49
Lucio	Luis	323	—	4
pesado	pasado	337	1.ª	45
Es la	La	337	2.ª	43
que	—	338	1.ª	32
cambio	cambio;	340	1.ª	14
e	de	342	1.ª	49
consultoros	consultorios	343	2.ª	16
maeria	materia	347	2.ª	35
—vando	—vau	407	2.ª	21
inolvidable	de inolvidable	409	2.ª	17
v_{mi} y total v_m	V_{mi} y total V_m	411	2.ª	12
mesa	masa	435	1.ª	35
Cajeu	Cajen	455	—	14
$\frac{84.479}{111.987} — 0{,}7544$	$\frac{84479}{111987} = 0{,}7544$	474	1.ª	3
$y = 0{,}834 + 0{,}552\ \gamma$	$y = 0{,}834 + 0{,}552\ X$	479	2.ª	30
Avila	Avilés	564	1.ª	13